

Röntgen et la découverte des rayons x

En 1901, le premier prix Nobel de physique fut attribué à Wilhelm Conrad Röntgen pour sa découverte des rayons X. Nous allons retracer, à travers la carrière de ce physicien expérimentateur, les étapes qui lui permirent d'aboutir à cette découverte. Nous tenterons également de résoudre le « mystère Röntgen » puisqu'après son exploit, il s'arrêta pratiquement de faire des recherches d'envergure.



PHILIPPE GUÉRET

Le soir du 8 novembre 1895, il y a un peu plus de cent ans, le physicien allemand Wilhelm Conrad Röntgen, professeur de physique à l'université de Wurtzbourg, en Bavière, fait une découverte étrange alors qu'il s'attarde dans son laboratoire. Il rédige une première communication de sa découverte au monde scientifique. Elle débute ainsi :

« 1. Si l'on fait passer les décharges d'une forte bobine de Ruhmkorff à travers un tube à vide de Hittorf, un tube suffisamment vide d'air de Lenard ou de Crookes, ou un appareil analogue, et si l'on couvre le tube d'un manchon de carton mince et noir l'enserrant d'assez près, on voit un écran de papier, placé dans le voisinage de l'appareil, dans une obscurité complète et enduit de platino-cyanure de baryum briller vivement et devenir fluorescent à chaque décharge, que le côté enduit ou l'autre côté soit tourné vers l'appareil. La fluorescence s'observe encore lorsque l'écran est à deux mètres de l'appareil. On constate facilement que c'est bien l'appareil de décharge et non pas quelque autre partie des conducteurs qui cause la luminescence ».¹

Etrange découverte, en effet, car depuis les travaux initiaux de Faraday, les meilleurs physiciens euro-

péens de la seconde moitié du XIX^{ème} siècle étudiaient les décharges électriques dans des tubes scellés où régnait un vide plus ou moins poussé, et ils ont su tirer de leurs observations et de leurs expériences des résultats qui se sont enchaînés de manière plus ou moins logique et prévisible : le spectre optique des éléments chimiques constituant les gaz contenus dans le tube, les rayons cathodiques, la charge électrique négative des rayons cathodiques, etc. Mais la découverte de Röntgen était totalement imprévisible et ne s'inscrivait pas, du moins en apparence, dans ce que l'on pouvait attendre de telles expériences. Le nom même, rayons X, donné par Röntgen au rayonnement responsable de la luminescence de l'écran, suffit à exprimer l'aspect énigmatique de cette découverte qui valut à son auteur le premier prix Nobel de physique de l'histoire, en 1901.

Il est certain que, sans le savoir, d'autres excellents physiciens avaient produit les rayons X au cours de leurs expériences. On sait que c'était inévitable et le fait apparaît aujourd'hui tellement banal que des esprits superficiels ont pu affirmer que, finalement, ce n'était pas Röntgen qui avait découvert les rayons X, mais au contraire les rayons X qui avaient découvert Röntgen. Les choses ne sont pas toutefois aussi simples. Pasteur a justement fait remarquer :

*« Dans le champ de l'observation, le hasard ne favorise que les esprits préparés ».*²

Louis de Broglie également a écrit :
*« Il ne faut pas exagérer cette part du hasard dans la découverte : ces accidents heureux n'arrivent qu'à ceux qui le méritent, à ceux qui par un effort prolongé sont déjà parvenus au bord de la découverte ».*³

Pourquoi Röntgen fut-il le premier à observer les rayons X ? Pour répondre à cette question, il faut connaître la personnalité scientifique de Röntgen, son parcours universitaire dans l'Allemagne récemment unifiée sous la houlette du kaiser Guillaume, les idées qui orientaient la recherche scientifique en Europe à la fin du XIX^{ème} siècle et l'enchaînement des travaux ayant préparé la découverte. Comme le suggèrent deux de ses principaux biographes, Jacques Nicolle⁴ et Giorgio Cosmacini⁵, nous mettrons nos pas dans ceux du savant en suivant son itinéraire à la fois académique et géographique.

Lennepe-Apeldoorn- Utrecht (1845-1865) : les années d'apprentissage

Wilhelm Conrad Röntgen naît le 27 mars 1845 à Lennepe, petite ville du vaste Land comprenant la Rhénanie septentrionale et la Westphalie. Depuis 1929, Lennepe fait partie de la conurbation de Remscheid au cœur du *Bergische Land*. Le père de Wilhelm Conrad (alias « Willi »), Friedrich Wilhelm, né également à Lennepe, exerce la profession de fabricant et de négociant en drap et descend, comme son épouse (et cousine germanique) Charlotte Constanze Frowein, d'une vieille famille de marchands de cette ville, bien que la mère de Mme Röntgen soit née à Amsterdam, dans une famille d'origine italienne.

En 1848, le père de Röntgen décide de quitter l'Allemagne pour s'installer à Apeldoorn, citadelle de la Hollande située dans la Gueldre, le *Gelderland* considéré par les Prussiens comme « la patrie oubliée ». Il pense trouver en Hollande de meilleures conditions pour exercer son métier, mais il est plus vraisemblable que son exil soit également motivé par la crainte née des mouvements révolutionnaires de 1848 qui secouèrent la Confédération germanique. Notons qu'à cette époque, Guillaume II de Hollande vient de doter son pays d'une constitution libérale, avec un Parlement devant lequel les ministres sont responsables. Cela n'empêche pas, cependant, la Confédération germanique de posséder d'éminents représentants du monde de la science et de la culture : le philosophe Friedrich Schelling vient de publier ses *Idées pour une philosophie de la nature*, Eilhard Mitscherlich, ses découvertes remarquables sur l'isomorphisme des milieux cristallins, Hermann von Helmholtz, ses importants travaux de physiologie et de physique, Gustav Kirchhoff découvre avec Robert Bunsen, l'analyse spectrale. Citons encore les noms des deux éminents mathématiciens, Peter Lejeune-Dirichlet et Karl Jacobi, du géographe et explorateur Alexander von Humboldt et l'ingénieur Werner von Siemens. En 1845, Richard Wagner achève son *Tannhäuser*, Robert Schumann a trente cinq ans, Felix Mendelssohn allait disparaître prématurément dans deux ans alors que

Brahms est encore enfant... Mais, comme le fait remarquer le biographe français de Röntgen, Jacques Nicolle : *« Tout cela n'a rien à voir avec le commerce des draps ».*

Jusqu'à l'âge de seize ans, Willi fréquente les écoles primaires et secondaires d'Apeldoorn et en particulier l'internat privé de Martinus Hermanus van Doorn, dans une grande propriété du *Middellaan*, jusqu'en 1862. Il ne laisse aucune trace significative de son passage dans l'institution et surtout rien de prémonitoire d'un quelconque « génie » futur. En août 1862, le jeune Wilhelm entre à l'École technique d'Utrecht, à une soixantaine de kilomètres d'Apeldoorn. L'enseignement de l'école supérieure est fondée exclusivement sur la géométrie, les mathématiques, la physique, la chimie et les sciences appliquées, sans latin ni grec.

*« Une telle ambiance était tout à fait conforme aux penchants de Wilhelm, mais surtout aux projets de son père. En fait, assurer à son fils un bon diplôme et un bon métier ne coupait pas la voie au désir secret de lui voir continuer son activité de commerçant expert et de fabricant de tissus, et ajoutait à l'ancienne pratique familiale, une qualification technique mise au goût du jour ».*⁵

A Utrecht, capitale catholique de la Hollande et plus ancienne ville du pays (l'antique *Ultrajectum*), Wilhelm est mis en pension dans la famille Gunning. Jan Willem Gunning, docteur en chimie, est professeur à l'école technique et lecteur à l'université. Excellent pédagogue, pour qui l'initiation théorique compte autant que l'apprentissage pratique : les jeunes dont il a la charge doivent « travailler » dans les livres et « étudier » au laboratoire. Le professeur Gunning joue un rôle important dans la formation du jeune Wilhelm qui fréquente l'école durant un an et huit mois, vacances comprises. Ses sept bulletins trimestriels le montrent « excellent » en stéréométrie et calcul, « très bon » en géométrie, chimie, langues hollandaise et française, « bon » en trigonométrie, mathématique, applications techniques, histoire, géographie, langues allemande et anglaise, « médiocre » en dessin et... « insuffisant » en physique ! Par contre, sa note de « zèle » laisse à désirer presque autant que sa note de « conduite ». Il sera d'ailleurs expulsé de l'école en seconde année à la suite d'un banal incident de discipli-

ne exagérément monté en épingle par un enseignant de l'école.

C'est sans doute à Utrecht que, prenant pour modèle son maître et ami, confident et guide Gunning, Wilhelm se décidera à devenir un homme de science, un expérimentateur. Néanmoins, l'admission à l'université d'Utrecht exige un diplôme de baccalauréat délivré par un lycée ou une « école latine ». Il existait certes une alternative : celle de passer un examen d'entrée à la Faculté de philosophie, mais Wilhelm, en dépit de huit mois d'un travail acharné, est recalé en raison de notes insuffisantes en lettres classiques et n'est admis qu'en tant qu'auditeur libre. Toutefois, la providence veille en la personne de Carl Thormann, un condisciple et ami suisse de Rotterdam qui lui fait connaître l'existence du Polytechnicum de Zurich.

Zurich (1865-1870) : le Polytechnicum

L'*Eidgenössische Technische Hochschule* de Zurich (le Polytechnicum fédéral) fondé en 1855, donc depuis dix ans seulement, a pour mission de former des ingénieurs de diverses branches : chimie, pharmacie, architecture, eaux et forêts. Elle comprend différentes sections dont certaines de sciences « pures ». Cette institution, aujourd'hui encore réputée dans le monde entier, acceptait les candidats n'ayant pas le baccalauréat pourvu qu'ils soient en mesure de fournir de bonnes références et reçus à un examen d'admission. Röntgen envoie sa demande d'inscription et reçoit une réponse favorable de la direction du Polytechnicum. Le 16 novembre 1864, il écrit au directeur Gustav Anton Zeuner, professeur de « mécanique rationnelle » originaire de Chemnitz, exilé de 1848 et encore persécuté dans son pays en raison de ses opinions libérales :

« Je suis très honoré. J'ai l'intention de me présenter devant vous d'ici quelques jours. Je voudrais arriver dès maintenant, mais certaines circonstances m'en empêchent. Je vous enverrai dès que possible un certificat médical qui justifiera, je l'espère, mon retard. Je m'en rapporte à votre bienveillance et me dis avec toute mon estime, votre W. C. Röntgen ».⁶

Un court rapport du professeur



En août 1862, le jeune Wilhelm entre à l'Ecole technique d'Utrecht, à une soixantaine de kilomètres d'Apeldoorn. L'enseignement de l'école supérieure est fondée exclusivement sur la géométrie, les mathématiques, la physique, la chimie et les sciences appliquées, sans latin ni grec.

Moritz Schröter, un autre allemand émigré enseignant la « construction des machines », est rédigé en ces termes :

« Monsieur Röntgen Wilhelm, d'Apeldoorn en Hollande, désire être admis au premier cours de la section mécanique technique. Selon l'attestation médicale ci-jointe, il lui a été impossible d'arriver plus tôt à cause d'un trouble oculaire [Röntgen souffrait d'une kérato-conjonctivite chronique]. Son âge mûr (il a vingt ans) et ses notes excellentes obtenues à l'Ecole technique, en particulier pour les disciplines mathématiques, encouragent ma proposition d'accepter Monsieur Röntgen comme élève, en le dispensant de l'examen préliminaire ».⁷

Wilhelm est un auditeur assidu. Le cours de l'année scolaire 1866-1867 « sur Lessing, Goethe et Schiller » lui révèle la continuité de pensée entre l'*Aufklärung*, le classicisme et le romantisme allemand ; au cours suivant, portant sur « l'histoire de l'année 1866 », il apprend qu'après la défaite de Königgrätz (Sadowa), l'empire des Habsbourg renonce définitivement à sa volonté hégémonique en Allemagne.

Anton Zeuner est l'âme de la section de mécanique technique du Polytechnicum. Son enseignement comprend la « théorie des machines », la technique des « machines à vapeur » et des « turbines et ventilateurs ». Son enseignement, original pour l'époque, donne aux connais-

sances techniques un support théorique et scientifique de bon niveau. Les autres professeurs de Wilhelm durant sa première année scolaire (1865-1866) sont le mathématicien Elwin Bruno Christoffel et son proche collaborateur Friedrich Emil Prym qui enseignaient la géométrie analytique, la théorie des fonctions de Riemann et le calcul différentiel et intégral. Les deux prédécesseurs de Zeuner à la direction du Polytechnicum, Joseph Wolfgang von Deschwanden et Pompejus Alexander Bolley enseignent la géométrie descriptive et la chimie métallurgique et technique. Il a également pour professeurs le physicien Reye, Fritz et Lassius en dessin industriel et le suisse Kronauer en technologie mécanique (le seul à ne pas être de nationalité allemande).

Si, au Polytechnicum, Wilhelm n'a pas comme on dit un profil de premier de la classe, dans l'ensemble son évaluation est largement positive : le jeune homme est intelligent, motivé, extraverti et il a une bonne vision d'ensemble. Finalement, en février 1868, il passe son examen de fin d'études avec des notes tout à fait remarquables : sur onze matières (dont cette fois, la physique !), il obtient huit fois la note maximale, presque le maximum pour deux autres et une très bonne pour la dernière. Le 6 août 1868, il est promu ingénieur de l'Ecole fédérale polytechnique de Zurich.

Il manque cependant encore au jeune ingénieur le *Doctorhut*, le « bonnet de docteur » que l'École ne peut pas décerner à cette époque. Tout en continuant à suivre pendant un an encore, au Polytechnicum, les cours de mathématiques et de physique, notamment ceux de Zeuner et ceux de « théorie de la lumière » du nouveau professeur de physique expérimentale August Kundt alors âgé de vingt-neuf ans, ainsi que le cours d'histoire de Johannes Scherr qui s'était réfugié en Suisse en 1849 pour ses opinions démocratiques, Röntgen, devenu l'assistant de Kundt, prépare une thèse de doctorat portant sur les propriétés des gaz.

Dans son « étude sur les gaz », Röntgen prend pour point de départ la notion de « gaz parfait », un gaz pour lequel, selon Clausius, le travail interne est nul, c'est-à-dire indépendant des forces de cohésion. Ce gaz obéit à l'équation $PV/T = R$, où P, V, T sont respectivement la pression, le volume et la température absolue du gaz et R une constante (la célèbre constante de Boltzmann). Cette loi résulte de la combinaison de la loi de Boyle et Mariotte (1676) et de la loi de Gay-Lussac (1802). Röntgen propose d'introduire un terme correctif dans cette loi, pour diminuer le volume d'une valeur très petite tenant compte de la nature du gaz et proportionnelle à sa quantité. Cette modification lève la difficulté conceptuelle d'avoir un gaz de volume nul sous une pression infinie et permet de retrouver le volume résiduel du gaz soumis à ces conditions. Cette nouvelle formulation de la loi des gaz est voisine de celle des gaz réels que Van der Waals énoncera en 1882. Il présente son étude sur les gaz à l'université de Zurich le 12 juin 1869, avec pour rapporteurs Albert Mousson, professeur de physique expérimentale (mais mieux connu comme malacologue et spécialiste des escargots !) et le professeur d'astronomie Johann Rudolf Wolf (spécialiste des taches solaires). Le 22 juin, lors de la séance de la faculté, les professeurs Herr, naturaliste, von der Lith, géologue, Kengott, minéralogiste, Wislicenius et Städeler, chimistes, prennent acte, comme il est dit dans le rapport, que « le bref écrit est un travail en partie original, scientifiquement exécuté et porteurs de résultats intéressants. Il offre une démonstration plus que suffisante des connaissances profondes et de la

capacité de recherche indépendante dans le domaine de la physique mathématique. »

Durant les trois années de son séjour zurichois, Wilhelm habite au n°7 du Seilergraben, dans la ville nouvelle qui s'étend de la rive droite du Limmat aux pentes du *Zurichberg*. En dehors de ses cours, il fréquente l'auberge *Zum grünen Glass* (« Aux verres verts », jeu de mots n'apparaissant que dans sa traduction française) où il prend fréquemment ses repas et où se rencontrent étudiants allemands et italiens. Le propriétaire des lieux, Johann Gottfried Ludwig, est un homme très intéressant, étudiant à Iéna. Ayant des idées assez avancées, il fut contraint de s'exiler en Suisse après les journées de 1830. Il donne encore volontiers des leçons de langues anciennes et... d'escrime ! Mais Röntgen n'est pas seulement attiré par la bonne cuisine et les excellentes traductions du maître de maison : des trois filles de Johann Gottfried Ludwig et de son épouse née Elisabeth Gschwend, une suisse de Turgovie, la cadette, Anna Bertha, a vingt-sept ans en 1866 soit six ans de plus que Wilhelm. C'est une femme avenante et pleine de charme qui ne tarde pas à conquérir le cœur de Wilhelm : « *Angetan hat mir's dein Wein, deiner Äuglein heller Schein* » (« Ton vin m'a frappé, ainsi que l'éclat de tes yeux... ») dit une chanson estudiantine. Les parents des deux côtés consentent aux fiançailles qui sont célébrées cette même année, mais Anna Bertha Ludwig ne deviendra *Frau* Bertha Röntgen que six ans plus tard, lorsque le statut universitaire de Wilhelm se sera suffisamment consolidé.

Wurtzbourg-Strasbourg-Hohenheim (1870-1879) : la conquête de la notoriété

En 1870, Kundt est nommé à la chaire de physique de Wurtzbourg, en Bavière. Il emmène avec lui son jeune assistant-docteur qu'il installe dans un « cabinet de physique » plutôt minable à cette époque, mais le pire est que Röntgen, n'ayant pas fait d'études secondaires, ne connaît pas suffisamment le latin, langue qui, bien que morte, jouait un rôle important pour obtenir un poste officiel

dans les vieilles universités allemandes. De ce fait, il doit mener une vie précaire à Wurtzbourg. Mais là encore intervient la providence, cette fois sous les traits des *Walküren* ! Après le *Blitzkrieg* contre la France, l'Alsace-Lorraine devient *Reichsland*, « territoire d'empire ».

« *Si la perte de l'Alsace-Lorraine est ressentie du côté français "comme un crime contre nature, une perturbation de l'harmonie universelle" selon les paroles d'Ernest Renan, fidèle interprète du sentiment national, pour l'autre partie, son annexion est généralement ressentie comme "l'accomplissement d'un ancien désir du cœur". (...)*

« *Pour favoriser la germanisation des Alsaciens, Bismarck leur donne la prospérité économique, de grands ouvrages publics, une université "impériale" ».*⁵

Ainsi, à partir du 1er avril 1872, l'assistant de l'Institut de physique de l'université de Strasbourg se nomme Wilhelm Conrad Röntgen. Son transfert de Wurtzbourg s'effectue à la suite du départ de Kundt appelé à Strasbourg pour inaugurer l'enseignement de la physique dans la Kaiser Wilhelm-Universität, fleuron de la nouvelle administration impériale. Il a maintenant une situation stable et, le 19 janvier 1872, il se rend à Apeldoorn pour y épouser Bertha Ludwig avec laquelle il revient à Strasbourg. Ils vivront heureux ensemble durant un demi-siècle, même si la santé fragile de Bertha ne leur permettra pas d'avoir d'enfants. Les époux accueilleront dans leur foyer, en 1887, la fille (alors âgée de six ans) du frère unique de *Frau* Röntgen, Josephina Bertha, (alias Bertheli), qu'ils considéreront comme leur propre enfant. Ils l'adopteront officiellement lors de sa vingt-et-unième année.

Les mérites scientifiques de Röntgen sont reconnus dignes de l'élever au grade de *Privatdozent für Physik*, le 13 mars 1874. Presque en même temps, Kundt lui accorde son soutien pour un transfert au poste de Professeur à l'université de Rostock. Kundt, originaire de Schwerin, dans le Mecklembourg, est l'un des intellectuels les plus en vue dans son pays, de sorte que la nomination de Röntgen était pratiquement assurée. Néanmoins, Wilhelm décline l'offre qui l'aurait amené à mille kilomètres de là, au moment même où ses parents âgés viennent de quitter Apeldoorn pour s'installer à Strasbourg.

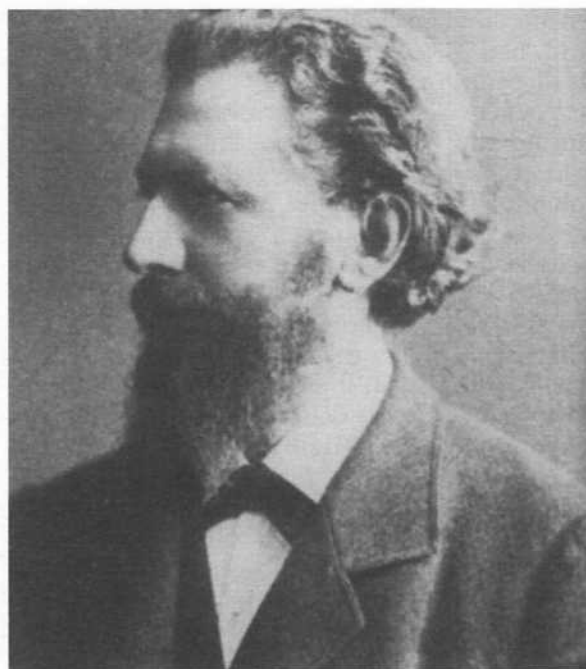
Röntgen partage son temps entre

la bibliothèque et le laboratoire. Expérimentateur infatigable et lecteur assidu de la littérature scientifique la plus récente, il publie deux essais en 1873. L'un purement technique « sur la soudure de plaques de verre recouvertes de platine », l'autre, plus scientifique, sur « la détermination du rapport des chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant dans quelques gaz ».

En 1874, Röntgen publie trois nouveaux articles. L'un « sur une application du calorimètre à glace pour la détermination de l'intensité des radiations solaires », un autre « sur les décharges conductrices d'électricité », constituant la première approche d'un domaine d'étude qui va le conduire très loin, le troisième est intitulé « Variante de la méthode de De Sénarmont pour déterminer les domaines isothermiques dans les cristaux ».

Kundt estime qu'une période d'autonomie complète est nécessaire à Röntgen, surtout dans le domaine pédagogique qui est son point le plus faible alors qu'il se sent tout à fait à l'aise en tant que chercheur : « Couper le cordon ombilical [entre maître et élève] était absolument nécessaire pour que les capacités d'un savant chercheur puissent trouver à s'épanouir dans toute leur plénitude ».⁸

A cette fin, il l'envoie à l'Académie (école supérieure) d'agriculture de Hohenheim. C'était un établissement presque unique en son genre, à une dizaine de kilomètres au sud de Stuttgart. Elle formait des agronomes et des techniciens de bon niveau et l'enseignement des mathématiques et de la physique faisait partie du groupe des disciplines propédeutiques destinées à donner les bases théoriques nécessaires aux futurs spécialistes de l'industrialisation agricole. De plus, il est attiré à Hohenheim par Adolf von Baeyer qui l'avait appuyé pour obtenir sa *Privadozentur* et, par ailleurs, une nomination au poste de maître de conférences à Hohenheim constituait pour lui un jalon en vue d'un futur concours à un poste de professeur avec chaire. Il reste malgré tout hésitant, freiné par la crainte de s'enliser dans des questions zootechniques et d'économie forestière, totalement étrangères à ses centres d'intérêt. Il prend donc son temps et se rend à Heidelberg prendre conseil auprès de Friedrich Weber qui avait laissé la chaire professorale d'Hohen-



August Eberhard Kundt (1839-1894). Il fut le maître de Röntgen. Ils réalisèrent en collaboration plusieurs travaux portant sur la rotation électromagnétique du plan de polarisation de la lumière dans les gaz.

heim pour occuper celle de physique, mathématiques et technique du Polytechnicum de Zurich, avant d'être nommé à Heidelberg. Finalement, avec le consentement de Bertha et de ses parents, Röntgen quitte Strasbourg pour Hohenheim.

« Mais quelles recherches va-t-il entreprendre ? Si, dans le grand château où l'école est située, le parc est transformé en un merveilleux jardin botanique, les locaux destinés aux laboratoires de physique ressemblent à "l'ancre de Vulcain". Ils sont équipés d'instruments surannés et en partie hors d'usage, peut-être Philippus Theophrastus Bombast von Hohenheim, plus connu sous le nom de Paracelse, "le Luther de la chimie", aurait pu travailler ici à la recherche des "corps purs" et du secret *Archæus cosmique*, fondement de l'univers ! ».⁵

Le fait est que durant la seule année de son séjour à Hohenheim, Röntgen ne publie qu'un seul travail expérimental. Finalement, dans l'impossibilité de continuer pratiquement ses recherches, Röntgen décide de « rentrer à la maison » : il demande à Kundt sa réintégration à Strasbourg, ce qui se produit en 1876.

Le 1er octobre 1876, de retour de sa « campagne du Wurtemberg » et conformément aux souhaits exprimés par son maître, Röntgen est nommé *ausserordentlicher Professor* (professeur sans chaire) comme second professeur et au titre de « physicien théoricien ». Il reprend aussitôt ses recherches, seul ou en collaboration avec Kundt ou avec d'autres, mais, comme l'a souligné son ancien assis-

tant Zehnder, il travaillait de préférence seul et ne permettait à personne de participer à ses expériences. En tout, il publiera quinze articles durant son séjour à Strasbourg, portant sur ses domaines de prédilection : la théorie des gaz, les décharges électriques et les propriétés des cristaux. Ses travaux les plus importants réalisés en collaboration avec Kundt portent « sur la rotation électromagnétique du plan de polarisation de la lumière dans les gaz ». Ce sont des travaux exécutés dans un domaine d'avant-garde et inspirés par les théories les plus récentes. En 1845, quinze ans après sa découverte expérimentale de l'induction électromagnétique, Faraday avait découvert la rotation du plan de polarisation de la lumière dans un milieu transparent placé dans un champ magnétique. Cet « effet Faraday » fut ensuite interprété théoriquement par John Clerk Maxwell qui en déduisit l'hypothèse que la lumière doit être constituée d'ondes électromagnétiques.

« Etudier la rotation électromagnétique du plan de polarisation de la lumière dans les gaz, comme le font Röntgen et Kundt, signifie entrer dans le vif de cette problématique alors très actuelle et au plus profond de la dialectique historique entre théorie et expérience.

« Cela signifie aussi se confronter avec que le support présumé de la lumière, l'"ether", cinquième élément de l'ancien cosmos aristotélicien, soit non seulement un fluide que tout pénètre, mais aussi une substance solide cristalline à

des flexions et des torsions, seules les vibrations transversales sont retenues comme possibles.

« Cet éther hypothétique "servait un et un seul objectif : rendre compte de la propagation de la lumière ; il est pour la lumière, ce que l'air est pour le son". Se hasarder à faire des expériences sur le comportement de la lumière dans les gaz raréfiés prend donc la signification d'hypothèse "cosmologique" et d'objection à une "fausse analogie" : ainsi le savant Röntgen devient, à son esprit défendant, un "philosophe de la nature" et un théoricien de la connaissance scientifique. »

Dans le même temps, il fait des cours aux titres éloquentes : « théorie de la lumière » (1876-77), « théorie de la force électromotrice » (1877), « électrodynamique et magnétisme » (1877-78) « théorie de la chaleur » et « théorie cinétique des gaz » (1878). Ainsi, le séjour à Strasbourg, avec l'intermède de Hohenheim, marqua pour Röntgen une période scientifique féconde. Ses travaux, notamment ceux en collaboration avec Kundt, lui procurent déjà une grande notoriété qui lui vaut sa nomination de *professor ordinarius* à l'université de Giessen, le 1er avril 1879, comme successeur de Heinrich Buff, le neveu de la fascinante Lotte Buff « à la blonde chevelure abondante » et « aux doux yeux célestes » qui suggéra à Goethe, amoureux dépité, le personnage de Charlotte inspiratrice des amours et des « souffrances du jeune Werther ».

Giessen (1879-1888) : de la notoriété à la renommée

Giessen est une ville industrielle située dans le Land de Hesse, au confluent de la Wieseck et de la Lahn, à 250 km au nord-est de Strasbourg. Son université fondée en 1607 porte maintenant le nom de « Justus von Liebig ». Moins bien installé qu'à Strasbourg, Röntgen parvient cependant à obtenir un nouvel institut dans lequel il réalise en neuf ans, de 1879 à 1888, une importante série de travaux, seul ou en collaboration avec ses assistants Schneider et Zehnder.

Le premier des dix-huit travaux réalisés par Röntgen à Giessen est intitulé : « sur la nouvelle relation entre la lumière et l'électricité trou-

vée par Monsieur Kerr ». John Kerr était un physicien britannique, collaborateur de Lord Kelvin à Glasgow, qui découvrit le phénomène portant son nom : une substance isolante transparente placée dans un champ électrique uniforme devient biréfringente. La biréfringence induite est analogue à celle d'un cristal uniaxe dont l'axe optique serait parallèle au champ électrique. L'analyse faite par Röntgen de « l'effet Kerr », qui semble confirmer la théorie électromagnétique de la lumière, constitue en réalité l'aboutissement de ses précédentes recherches accomplies durant la dernière période de Strasbourg.

Durant l'année 1885, les recherches de Röntgen peuvent se classer en deux séries : celles relatives à la cristallographie et celles ayant pour objet l'étude de l'interaction des gaz et du rayonnement thermique.

La première série comporte une étude sur la biréfringence du quartz induite par un champ électrique, ainsi que des études relatives à la pyro- et à la piézo-électricité. La seconde série va du travail « sur les sons produits par l'irradiation intermittente d'un gaz » (1880) à celui « sur les nouvelles expériences sur l'absorption du rayonnement thermique par la vapeur d'eau » (1884) qui reprennent les expériences du savant irlandais John Tyndall, physicien et naturaliste, sur les phénomènes d'émission et d'absorption de la chaleur rayonnante et, d'une façon générale, des ondes électromagnétiques par des gaz et des vapeurs. Aujourd'hui, on appelle « effet Tyndall-Röntgen » le phénomène suivant : un milieu qui, comme l'air, est susceptible d'absorber certaines radiations thermiques est le siège d'ondes élastiques lorsqu'il est soumis à ces mêmes radiations périodiquement interrompues.

A partir de 1888, la notoriété de Röntgen se transforme en renommée. En 1879, sur recommandation de Helmholtz, l'Académie des sciences de Prusse propose un thème consistant à découvrir « une relation entre forces électromagnétiques et polarisation diélectrique des isolants ». En mettant en œuvre cette idée avec beaucoup d'ardeur, le meilleur élève de Helmholtz, Heinrich Hertz, fait en 1888 une expérience qui frappa le monde scientifique de stupeur : des décharges électriques oscillantes provoquées par des étincelles dans un circuit électrique se propagent dans

l'espace comme une onde et peuvent être recueillies par des circuits analogues situés à distance. Son mémoire qu'il rédige « sur la force électromagnétique rayonnante » marque le début de toute une série de recherches expérimentales qui établiront définitivement la validité de la théorie de Maxwell. La défiance que la synthèse maxwellienne avait suscitée chez un grand nombre de savants, en raison de son caractère éminemment théorique, n'a désormais plus de raison d'exister. Hertz ayant envoyé son travail à Röntgen, celui-ci lui répond, le 1er mars 1888 :

« Avec tous mes remerciements pour les tirés à part. Je pense que ce sont les meilleures expériences faites dans le domaine de la physique au cours de ces dernières années. Pour ma part, je m'impatiente et je dois recommencer depuis le début mes expériences. Je suis contraint de différer leur publication détaillée... »

Dès 1885, Röntgen s'intéresse à l'expérience réalisée en 1875 par le physicien américain H. A. Rowland montrant qu'un corps chargé en mouvement produit un champ magnétique analogue à celui créé par un conducteur parcouru par un courant. Vers le milieu de l'année 1888, il publie son mémoire « sur la force électrodynamique produite par le mouvement d'un diélectrique placé dans un champ magnétique homogène », dans lequel il écrivit notamment :

« J'ai fait tourner un disque de verre (ou un disque de caoutchouc dur) entre deux armatures horizontales d'un condensateur, l'armature supérieure était constamment reliée à la terre, tandis que l'inférieure pouvait être reliée à une source électrique, qui la chargeait d'électricité positive ou négative.

« Très près de l'armature supérieure du condensateur, l'une des deux aiguilles aimantées reliée à un système très sensible était suspendue ; sa direction était perpendiculaire au rayon du disque et son centre se trouvait au-dessus de celui-ci, non loin de son bord. Au moyen d'une lunette, d'un miroir et d'une échelle, on pouvait observer les déviations de l'aiguille, produite par l'inversion de la charge du condensateur.

« Dans ces expériences, on voit que l'aiguille aimantée subit une déviation à chaque inversion et que la déviation est orientée comme si la direction d'un courant supposé présent avait été inversée. Le mouvement du pôle positif sur l'aiguille produit un effet correspondant

à celui d'un courant orienté dans la même direction que le mouvement ; le mouvement du pôle négatif correspondant à celui d'un courant de direction opposée. » Et Röntgen conclut : « La présente communication contient la réponse expérimentale (affirmative) à la question ; un diélectrique ne portant aucune charge, peut-il produire une force électrodynamique lorsqu'il se meut dans un champ électrique homogène et constant ? ».

Si nous avons tenu à donner *in extenso* cette longue citation, c'est que le résultat trouvé par Röntgen, sans être aussi spectaculaire que la découverte des ondes hertziennes ou que celle qu'il fera dix ans plus tard, n'en est pas moins aussi importante par son incidence sur les théories de la physique moderne. En effet, ses expériences qui furent reprises par A. Eichenwald en 1903, marquent une étape importante vers la théorie des électrons de Lorentz et préparent aux conceptions de la théorie de la relativité.

Helmholtz, en présentant le travail de Röntgen à l'Académie des sciences de Prusse pour en recommander la publication, couvre d'éloges son auteur dont le nom brille désormais au firmament de la science. Durant son séjour à Giessen, il est plusieurs fois sollicité par d'autres universités, notamment celle d'Iéna en 1886 et celle d'Utrecht qui lui propose de succéder à son ancien professeur Christoph Heinrich Buijs-Ballot, en 1888. Röntgen décline cependant toutes ces offres, prétextant qu'il cherche, non pas une rémunération importante, mais des conditions de travail favorables.

Mais le 31 août 1888, il reçoit une offre que, cette fois, il ne peut pas refuser : celle de prendre la direction de l'Institut de physique de l'université de Wurtzbourg.

Wurtzbourg (1888-1900), la grande découverte

L'offre de la faculté de philosophie (sections sciences mathématiques et sciences de la nature) de la Julius Maximilian-Universität de Bavière lui est formulée officiellement, accompagnée d'une lettre du prince régent Leopold. Après le départ de Kundt (et de Röntgen) pour Strasbourg, l'Insti-

tut de physique fut dirigé pendant deux ans par Georg Quincke, le constructeur du tube destiné à mesurer les interférences sonores. Quincke ayant été appelé à Heidelberg pour succéder à Kirchhoff, Kohlrausch l'avait remplacé et, à son tour, il est appelé à Strasbourg pour succéder à Kundt appelé à Berlin comme successeur de Helmholtz, en somme un *turnover* vertigineux mais de tradition dans l'université allemande.

Röntgen avait bien des raisons d'accepter cette offre. D'abord, des raisons financières : il obtiendrait un salaire annuel bien plus élevé qu'à Giessen, un logement gratuit au premier étage de l'institut situé à l'écart, sur le *Pleicher Ring*, dans la zone verte la plus belle de la cité bavaroise. Ensuite, des raisons de prestige académique et scientifique : Wurtzbourg pouvait se prévaloir d'une glorieuse tradition car, en plus des noms cités plus haut, Rudolf Clausius fut professeur à Wurtzbourg de 1867 à 1869 (après Zurich et avant Bonn). Au total, une vingtaine d'années qui compaient parmi les plus brillantes de la physique allemande. Il avait également des raisons personnelles : revenir à Wurtzbourg, comme *öffentlich ordentlicher*, c'est-à-dire professeur ordinaire d'état, titulaire de la chaire de physique expérimentale et directeur d'institut, quelle belle revanche sur une université qui, dix-huit ans auparavant, lui refusa le premier grade de la hiérarchie universitaire en raison de ses faiblesses en langue latine ! Et enfin, pour des raisons sentimentales : Wurtzbourg, c'était le retour aux jeunes années.

« Pour Wilhelm et Bertha, retourner à Wurtzbourg, dans la Franconie du Main, signifie retrouver un doux paysage du cœur, avec ses douces collines et son vin qui ne fait pas tourner la tête ».⁵

Dans son nouvel institut, Röntgen poursuit avec quelques élèves une série de travaux commencés à Gies- sen sur l'influence de la pression sur les propriétés physiques des solides et des liquides (1888-1893). Il étudie en particulier la compressibilité du sulfure de carbone, du benzène, de l'oxyde d'éthyle et de quelques alcools. Puis, il étudie l'influence de la pression sur les constantes diélectriques de l'eau et de l'alcool éthylique (1894) et mesure également les indices de réfraction de ces liquides.

De l'analyse de ses résultats et d'autres obtenus dans ce domaine,

Röntgen tire des conclusions intéressantes « sur la constitution de l'eau liquide » (1892) : constatant que l'eau présentait un comportement anormal par rapport à d'autres liquides, par exemple, l'augmentation de la température produisant une diminution de la compressibilité, alors que l'augmentation de la pression provoque une diminution du frottement interne avec accroissement du coefficient de dilatation thermique, Röntgen en déduit que l'eau est formée de deux types de molécules. Les molécules du premier type, contenues dans la glace, sont responsables des variations volumétriques par excès ; les molécules du second type, qui se forment lorsqu'on augmente la température, sont responsables des variations volumétriques par défaut. Röntgen écrit :

« Selon moi, une explication de ces phénomènes pourrait être trouvée dans l'hypothèse que l'eau liquide soit formée d'un agrégat de deux types différents de molécules. Les molécules du premier type, que l'on peut appeler molécules de glace (...), se transforment par adjonction de chaleur en molécules du second type ; au contraire, si l'on enlève de la chaleur à l'eau, à partir de ces molécules se reforme une quantité correspondante de molécules de glace. »

Il convient de souligner que Röntgen construit la plupart des appareils dont il a besoin, avec des moyens très simples, en faisant preuve d'une habileté hors de pair, habileté qu'il avait acquise autrefois, à Wurtzbourg même, au temps du « vieux cabinet de physique ».

Durant ces mêmes années, Röntgen effectue aussi des recherches sur d'autres sujets comme, par exemple, « sur l'épaisseur des couches cohérentes d'huile à la surface de l'eau » (1890). De quelques-unes de ces recherches, il tire des conclusions concernant l'ordre de grandeur du « rayon de la sphère effective » des molécules (et donc de leur nombre par unité de volume).

« Les recherches de ce type se regroupent autour du thème de la "physique moléculaire" qui agite encore les esprits des savants après que l'italien Stanislao Cannizzaro, lors du Congrès international de Karlsruhe de 1890, ait plaidé en faveur de l'hypothèse d'Avogadro, mais surtout après que cette hypothèse ait reçu la confirmation mathématique des études de Maxwell. En effet, Maxwell, en développant la théorie cinétique des

gaz, est parvenu à établir le nombre de molécules précisément contenu dans un centimètre cube de gaz ».⁵

Notons également que les idées de Röntgen annoncent celles que Jean Perrin mettra en œuvre dans ses travaux historiques sur la réalité moléculaire et qu'il exposera dans son livre fameux : *les Atomes*.⁸

Dans ses recherches « sur l'influence de la pression sur la conductibilité galvanique des électrolytes » (1893), Röntgen se réfère à un autre problème crucial de la physique de la fin du XIX^{ème} siècle. L'électrolyse ne trouvera d'explication théorique vraiment satisfaisante qu'en 1887, avec l'hypothèse du savant suédois Svante Arrhenius selon laquelle un certain pourcentage de molécules de l'électrolyte dissous est dissocié en particules chargées d'électricité de signe opposé : les ions.

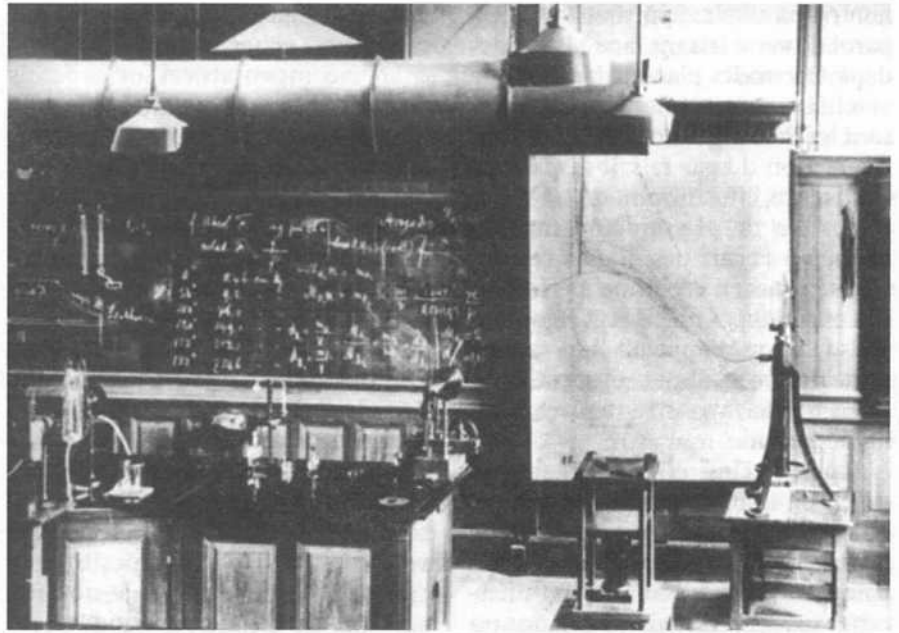
1894 est une année funeste pour la science allemande : le jour de l'an, Hertz succombe à une septicémie, il n'avait que trente-sept ans. Son maître, Helmholtz, est victime à son tour d'un accident vasculaire cérébral et meurt le 4 septembre de cette même année. Le 2 mai, Kundt, le maître de Röntgen, meurt également dans sa maison de campagne près de Lübeck. Ainsi, la science allemande se trouve littéralement décapitée en perdant, presque d'un seul coup, les guides de deux générations de physiciens.

Les disparitions de Hertz et de Kundt laissent vacantes les chaires de Bonn et de Berlin. Pour la chaire de Berlin, Emil Gabriel Warburg est présenté comme successeur, mais survient alors un incident révélateur qu'il est intéressant de relater. A son sujet, Zehnder, l'élève de Röntgen, écrit :

« Les messieurs de Berlin pensent à Warburg comme successeur de Kundt, mais il y a des réticences parce que Warburg, "bien que baptisé, est né juif" (*geborener, wenn auch getaufter, Jude*). On dit de lui qu'il a tendance à surestimer chez les étudiants "certaines qualités de juif" (*gewisse jüdische Eigenschaften*) ».⁹

Finalement, après une longue tergiversation, Warburg est élu et Röntgen exprime sa satisfaction à Zehnder dans une lettre datée du 19 décembre. Dans cette même lettre, il précise qu'il se rendra à Pontresina, en Engadine, où il avait coutume de passer ses vacances et de faire des excursions en montagne.

L'année 1895 marque un tournant



Salle de cours de physique à Wurtzbourg où l'on peut voir, sur le tableau noir, des notes de la main de Röntgen.

dans la carrière de Röntgen. Depuis quelques mois, en effet, Röntgen a commencé à travailler sur les décharges électriques dans les tubes à vide poussé. La « préhistoire » des observations effectuées dans ce domaine a été retracée par Jacques Nicolle :

« Il y a plus de deux cents ans, Hawksbee faisait déjà des expériences sur la luminosité qui se produit au passage de l'électricité dans un tube où règne un vide partiel. On peut également citer l'observation de Picard qui, à Paris, transportant un baromètre de l'Observatoire à la place Saint Michel, remarqua que la chambre barométrique, dont le mercure était secoué par le transport, devenait lumineuse. On était très intéressé dans les années suivantes par le "phosphore mercuriel". Il s'agissait d'un petit tube de verre contenant quelques gouttes de mercure, l'air ayant été en partie évacué du récipient ; lorsqu'on agitait l'appareil, le frottement du mercure sur les parois provoquait l'apparition de décharges électriques qui illuminaient le gaz restant. Faraday étudia aussi ces phénomènes de décharge dans les gaz, et suivant le degré du vide obtenu, il remarqua qu'une certaine partie du tube restait toujours sombre, c'est ce que l'on nomme encore "l'espace obscur de Faraday". Nous aurions pu citer les observations de Gilbert, de Du Fay, de l'abbé Nollet. L'invention de la bobine d'induction et les perfectionnements apportés à la technique du vide permirent de réaliser des conditions nouvelles et ainsi des

phénomènes nouveaux se présentent ».⁴

Geissler, verrier et mécanicien du laboratoire de physique de l'université de Bonn, construisit le tube qui porte son nom et dans lequel on produisait des décharges électriques dans différents gaz qui s'illuminaient avec des couleurs caractéristiques lorsqu'on réduisait la pression dans le tube. A mesure que se perfectionnait la technique du vide, on était parvenu à réduire la pression à la millième, à la dix-millième, cent-millième, millionième partie de la pression normale et, dans les mêmes proportions, le nombre des molécules de ces gaz, en augmentant du même coup leur « libre parcours moyen ». Laissons de nouveau la parole à Jacques Nicolle :

« Pliicker montra le premier, dit son élève Hittorf, comment il est possible de renforcer la faible lumière émise dans un tube à décharge en lui donnant dans une certaine partie une dimension capillaire et ainsi on a pu obtenir des spectres très nets analysables par des appareils d'optique. Avant Bunsen et Kirchhoff, Pliicker montra que les raies émises par les gaz ainsi excités sont caractéristiques de chaque substance. Le premier aussi il vit et décrivit les trois raies du spectre de l'hydrogène. »

Hittorf avait observé qu'un fort réchauffement et qu'une belle luminescence, la même que celle que Pliicker avait définie comme « la lumière d'un vert merveilleux dont l'apparition

reste énigmatique », apparaissait sur la paroi de verre faisant face à l'une des deux électrodes placées dans le tube et reliées au circuit électrique produisant les décharges, lorsque l'extrême raréfaction du gaz faisait disparaître tout autre effet lumineux. Devenu professeur de physique à Munster, un peu à l'écart des grands centres scientifiques, il continua à effectuer des expériences précises et rigoureuses sur ce qu'il appelait les « rayons d'incandescence » et montra qu'il s'agissait de rayons se déplaçant en ligne droite.

En 1886, Eugen Goldstein, le physicien de l'observatoire de Potsdam qui découvrit une nouvelle sorte de rayons, les « rayons canaux » (*Kanalstrahlen*) produisant une luminescence rose dans l'hydrogène, montra que les rayons observés par Plücker n'étaient pas émis au hasard dans toutes les directions, mais toujours perpendiculairement à la surface de la cathode et, pour cette raison, il les nomma « rayons cathodiques ».

C'est vers 1874 que le physicien anglais William Crookes, grâce à la méthode inventée en 1865 par le Dr Hermann Sprengel, utilisant une pompe à mercure pour parfaire le vide, montra que dans un gaz à une pression suffisamment basse, la décharge ne produisait plus aucune illumination, même si la lueur verte persistait néanmoins sur les parois du tube. L'ampoule de Crookes possédait également deux électrodes reliées à un circuit électrique, mais elle différait du tube de Hittorf par son aspect en forme de poire et par une cathode formée d'un disque métallique concave agissant comme un miroir ardent et faisant converger les rayons en un point où ils étaient susceptibles « de fondre le verre, de brûler le diamant, de porter au rouge vif une lame de platine et même de la détruire ».

Une conclusion était d'ores et déjà acquise : la luminescence ne dépendait ni de la température, ni de la nature du matériau constituant la cathode. En 1883, Hertz, rapportant à Bonn la tradition de Plücker, essaya de recevoir les rayons cathodiques dans un cylindre de Faraday placé à l'extérieur du tube à décharges, mais il ne put recueillir aucune charge. En France, Jean Perrin et, en Angleterre, Joseph John Thomson, le célèbre J. J. Thomson, successeur de Lord Rayleigh à la tête du Cavendish Laboratory

de Cambridge, expliquèrent les raisons de cet échec par la présence de charges compensatrices sur les parois de verre, un vide insuffisant et une ionisation des gaz entre les électrodes.

En 1892, Hertz avait cependant observé que les rayons cathodiques (qu'il qualifiait d'électriquement indifférents), traversaient sans la percer une feuille métallique très mince, ce qui suggéra à son meilleur élève, Philipp Lenard, de construire un tube dans lequel les rayons cathodiques traversaient une mince feuille d'aluminium de 2,5 millièmes de millimètre insérée dans la paroi du tube et cependant suffisamment résistante pour tenir le vide. Ce dispositif, que l'on désigne depuis sous le nom de « fenêtre de Lenard », permettait de faire sortir les rayons cathodiques dans l'espace environnant.

Nous arrivons à l'année 1895. Cette année-là, Jean Perrin parvient à démontrer que les rayons cathodiques sont chargés d'électricité négative et J. J. Thomson établit qu'ils sont en fait des « particules ténues de matière » et que leur sensibilité à l'influence d'un aimant qui leur avait valu l'appellation de « lumière magnétique », est tout simplement due à la déviation même de ces particules par le champ magnétique. Il établit également que ces rayons sont attirés par les corps chargés d'électricité positive et repoussés par les corps chargés d'électricité négative. Deux ans plus tard, il propose que les particules ténues de matière constituant les rayons cathodiques, ces « atomes d'électricité », soient appelés « électrons ».

Les résultats des recherches de J. J. Thomson sont corroborés par Jean Perrin qui, à propos des savants engagés comme lui dans ce domaine, écrivit :

« Les uns, avec Goldstein, Hertz ou Lenard, pensent que ce phénomène est dû, comme la lumière, à des vibrations de l'éther ou même que c'est une lumière de courte longueur d'onde. On conçoit bien alors que ces rayons aient une trajectoire rectiligne, excitent la phosphorescence et impressionnent les plaques photographiques.

« D'autres, avec Crookes ou J. J. Thomson, pensent que ces rayons sont formés par la matière chargée négativement et cheminant avec une grande vitesse. Et l'on conçoit alors très bien leurs propriétés mécaniques, ainsi que la façon dont

ils s'incurvent dans un champ magnétique ».⁴

Il est intéressant de noter qu'il faudra attendre encore une trentaine d'années avant que Louis de Broglie mette tout le monde d'accord avec sa découverte de la mécanique ondulatoire, en 1924, en montrant que les électrons sont à la fois des ondes et des corpuscules¹⁰ et que ce fait soit vérifié, en 1927, par les physiciens américains Davisson et Germer, de la compagnie Bell.

Tel est l'état de la question quand Röntgen s'apprête à l'étudier. Il répète les expériences de Lenard. Le dispositif expérimental est celui qu'il décrit dans une lettre à Zehnder, non datée, mais vraisemblablement du début de l'année 1896 :

« J'utilise une grosse bobine de Ruhmkorff de 50/20 cm, avec un interrupteur Deprez et un courant d'environ 20 ampères dans le primaire. Mon appareil [le tube de Hittorf] est solidaire d'une pompe de Raps qui prend quelques jours pour faire le vide.

« Dans le tube entouré d'un manchon en carton et d'une feuille d'étain pour éviter le filtrage de toute lumière extérieure autre que celle provenant de la "fenêtre de Lenard", les étincelles d'une longueur convenable produisent dans l'obscurité de la pièce la fluorescence attendue d'un écran au platinocyanure de baryum placé au voisinage de la fenêtre. Les rayons cathodiques sont là, rectilignes et courts, disponibles pour des expériences ultérieures ».⁹

Dans les conditions d'observation décrites à Zehnder, un casse-tête inattendu survient : loin de l'appareil, à une distance bien supérieure au très court trajet que les rayons cathodiques peuvent effectuer à l'air libre, la phosphorescence de l'écran de platinocyanure de baryum, oscillant au rythme des décharges engendrées par la bobine d'induction, persiste ! S'agit-il d'une « nouvelle sorte de rayons » jusque-là ignorée ? Le point d'interrogation est de taille. Röntgen ne sort plus de son laboratoire. La saison de chasse le voit manquer ses rendez-vous qu'il n'avait jamais manqués jusqu'à présent. Son pavillon de chasse de Rimpf, à cinq kilomètres au nord de Wurtzbourg, près du *Gramschatzer Wald*, reste désespérément fermé en fin de semaine. Bertha ne le voit pratiquement plus ; Bertheli descend en vain pour l'appeler au laboratoire. Il tient cependant son ancien élève et ami Zehnder au courant et lui

écrit :

« Je n'ai encore parlé de mon travail à personne, j'ai dit à ma femme que si je le fais, dès qu'on l'apprendra, on dira que Röntgen est devenu fou. Le 1er janvier, j'envoie les tirés à part et le diable sera déchaîné ».⁹

Il fait une communication préliminaire à la Société physico-médicale de Wurtzbourg (Physikalisch-medizinische Gesellschaft) le 28 décembre 1895, « sur une nouvelle espèce de rayons »¹. Elle tient en dix-sept points. Nous connaissons le premier : c'est l'annonce de la découverte citée dans l'introduction. Mais il est instructif d'en lire quelques autres :

« 2. Ce qui frappe immédiatement dans ce phénomène, c'est que le carton noir, absolument impénétrable aux rayons visibles et ultraviolets du spectre, laisse passer un agent capable de provoquer une vive fluorescence. On est conduit par conséquent à se demander s'il n'existe pas d'autres corps possédant cette propriété. On trouve bientôt que tous les corps sont transparents pour cet agent, mais à des degrés très divers. Voici quelques exemples (...) »

Un peu plus loin, utilisant pour la seconde fois le terme « rayons » afin de mieux définir l'agent hypothétique, Röntgen fait un rappel en pied de page, où il note : « Pour abrégé, j'emploierai l'expression rayons X, de manière à les distinguer des autres espèces de rayons ». Dans les exemples cités, on trouve le suivant : « Si l'on

tient la main entre l'appareil de décharge électrique et l'écran, on voit l'ombre des os se détacher en sombre sur l'ombre beaucoup moins accentuée de la main ».

Revenons à certains des points de son exposé.

« 6. La fluorescence du platinocyanure de baryum n'est pas la seule action perceptible des rayons X. Il est nécessaire de rappeler d'abord que d'autres corps deviennent également fluorescents ; ainsi les combinaisons de calcium connues pour être phosphorescentes, le verre d'urane, la calcite, le sel gemme, etc. Les plaques sèches au gélatino-bromure sont aussi sensibles aux nouveaux rayons. C'est là un fait important à plusieurs points de vue. On peut en effet, grâce à cette propriété, les employer à fixer bien des phénomènes et écarter aussi de nombreux risques d'erreur. C'est ainsi que j'ai pu contrôler par une épreuve photographique toutes les observations importantes faites à l'aide de la vue sur l'écran fluorescent. (...) »

« 14. La raison pour laquelle je me suis cru autorisé à donner le nom de "rayons" à l'agent émanant de la paroi de l'appareil de décharge réside dans le fait de la formation très régulière d'ombres que l'on constate lorsqu'on interpose entre l'appareil et l'écran fluorescent (ou la plaque sensible) des corps plus ou moins transparents. (...) C'est ainsi que je possède, par exemple, les épreuves photographiques (...) des ombres des os de la main, de l'ombre d'un fil enroulé sur une bobine de bois, d'une série de

pois enfermés dans une cassette, d'une boussole dont l'aiguille aimantée était entièrement entourée d'une enveloppe métallique, d'un morceau de métal dont la non homogénéité a été révélée par les rayons X ».

Parmi ses conclusions, il en est de certaines, d'autres sont hypothétiques :

« 12. J'arrive donc à ce résultat que les rayons X ne sont pas identiques aux rayons cathodiques, mais qu'ils sont produits par ces derniers dans la paroi de verre de l'appareil de décharge. (...) »

« 17. Il existe bien sans doute une certaine parenté entre les nouveaux rayons et les rayons lumineux, en ce sens qu'ils présentent certains phénomènes communs, tels que formation d'ombres, fluorescence, action chimique. De plus, on sait depuis longtemps déjà que l'éther peut vibrer non seulement transversalement en produisant la lumière, mais encore longitudinalement. C'est du moins l'avis de certains physiciens. On n'a pas encore, il est vrai, jusqu'à aujourd'hui, démontré d'une manière évidente l'existence de ces vibrations longitudinales, aussi leurs propriétés n'ont-elles pas encore été étudiées expérimentalement. Les nouveaux rayons ne seraient-ils pas dus à des vibrations longitudinales de l'éther ? Je dois avouer que, dans le courant de mes recherches, je me suis de plus en plus familiarisé avec cette pensée et c'est ce qui m'a décidé à exposer ici cette hypothèse, bien que je sache très bien qu'elle demande encore une démonstration définitive ».

Tels sont les passages les plus fondamentaux du mémoire de Röntgen. Quatre jours après sa présentation à la Société de physico-médicale, le 1er janvier 1896, Röntgen envoie une centaine de tirés à part à autant de collègues, parmi lesquels les meilleurs physiciens allemands et étrangers. Mais c'est surtout par la presse non spécialisée que la découverte de Röntgen est annoncée au monde entier et, en particulier, c'est par une note dans un journal que le kaiser Guillaume II a son attention attirée par « l'exploit » du professeur de Wurtzbourg.

Röntgen est invité à se rendre à Berlin le 13 janvier 1896 par l'empereur qui désire être informé directement. Le journal *Kieler Neuesten Nachrichten General Anzeiger für Schleswig-Holstein* du 4 février donne une brève relation de l'exposé du savant :

« Convoqué par télégramme, le savant arrive le même jour à Berlin et

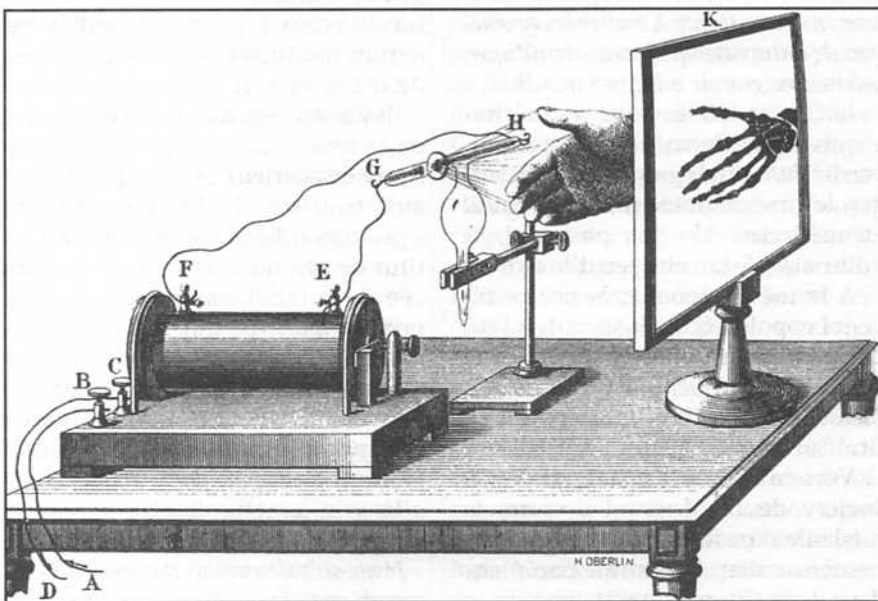


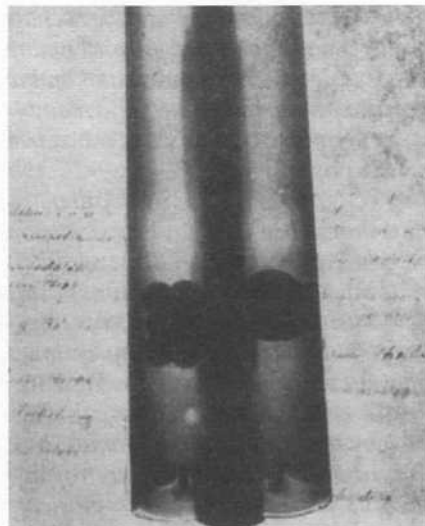
Schéma de l'expérience de Röntgen : circuit primaire (ABCD), bobine de Ruhmkorff, circuit secondaire (EFGH), tube de Hittorf, main de Berta Röntgen, écran fluorescent (K) avec l'image de la main.

installe un petit laboratoire dans la "Sternsaal" du château royal. Le soir, devant l'empereur, l'impératrice et diverses personnalités, Röntgen expose en quelques mots l'origine des tubes à décharge dans les gaz raréfiés, parle des travaux de ses prédécesseurs les plus immédiats et dit comment, ayant entouré son tube de Crookes pour étudier les rayons cathodiques, il avait vu briller dans l'obscurité le papier au sel de baryum. Puis, il indiqua les premières propriétés qu'il avait remarquées chez ces rayons d'un type nouveau. En particulier il créa une vive sensation en présentant les photographies des os et aussi de certains objets renfermés dans des coffrets, tels les poids de la boîte dont nous avons déjà parlé.

« Guillaume II remit au savant l'ordre de la Couronne de 2ème classe et offrit un dîner en l'honneur de son hôte. Arrivant en retard pour le repas du soir, Röntgen s'excusa par ces mots : "excusez-moi, Majesté, mais je ne suis pas habitué aux grandes distances". L'empereur qui aimait le commerce des hommes de science, garda ses invités jusqu'à minuit et parla de ses années d'études, il discuta même des hypothèses émises au sujet de la nature exacte des rayons en question et demanda s'il n'y avait pas là un moyen de pénétrer le secret de la gravitation ».⁴

Le 4 février 1896, Röntgen est proposé comme membre correspondant de l'Académie des sciences de Prusse. Cette proposition porte les signatures de Warburg et de Planck, professeurs à l'université de Berlin, de Kohlrausch, directeur de l'Institut Impérial physico-technique de Charlottenbourg, de Besold, président de la Société de physique de Berlin, de Fischer, professeur de chimie à l'université de Berlin, savant de grande renommée qui obtiendra le prix Nobel en 1902 pour ses études sur les sucres et les purines. C'est Warburg qui rédige le curriculum vitæ de Röntgen dans lequel il écrit, entre autres :

« Son grand talent pour les constructions d'appareils a aidé Röntgen dans ses expériences sur l'effet électromagnétique de la polarisation électrique ; son habileté l'a aidé à trouver de nouvelles méthodes, comme pour les expériences sur l'absorption des rayons caloriques par les gaz et les vapeurs (...). Tous les travaux cités et d'autres encore, se distinguent par leur grande fiabilité et par le soin apporté à éliminer les sources d'erreur. Ces travaux n'ont pas conduit à des nouveautés (...) pouvant faire grand bruit.



Radiographie de son fusil de chasse (chargé) prise par Röntgen.

C'est pourquoi ils ne peuvent être comparés le moins du monde à la nouvelle découverte de Röntgen qui actuellement occupe le monde.

« Si lors de la première observation qui a conduit à cette excellente découverte, le hasard fortuit a joué un rôle important, il ne faut pas oublier que la grande habileté expérimentale qui a permis à Röntgen de déterminer avec rapidité et sûreté les caractéristiques des nouveaux rayons, est celle-là même qui avait permis le succès de ses expériences antérieures. Sa description sobre, où il n'effleure même pas les conséquences pratiques de la découverte, aujourd'hui évidentes pour tous, mais se limite à traiter les problèmes de nature typiquement scientifique, mérite une grande admiration ».¹¹

Le 3 mars 1896, pour ses mérites acquis dans le domaine médical, l'université de Wurtzbourg décerne à Röntgen le titre de docteur *honoris causa* en médecine. Un peu plus tard, sa ville natale le fait citoyen d'honneur.

A la même époque, le prince régent Leopold décore le savant de l'ordre royal de la Couronne de Bavière, auquel était attaché un titre de noblesse. Röntgen décline toutefois ce titre.

Vers la fin de l'année, la Royal Society de Londres lui décerne la médaille d'or Rumford et le gouvernement italien le nomme commandeur de la Couronne d'Italie.

Un honneur dont il se serait volontiers passé est celui de poser pour l'une des quatre statues d'angle du Potsdamer Brücke à Berlin, où le sculpteur R. Felderhoff le représente te-

nant à la main un tube de Hittorf. Avec un sens aigu de l'autodérision, Röntgen écrit :

« Dans la statue du "Potsdamer Brücke", le sculpteur m'a représenté tenant à la main un pulvérisateur à insecticide et non un tube à rayons X ».⁹

Malgré les honneurs, le savant resta modeste et continua à travailler avec de faibles moyens financiers car, même dans l'Allemagne impériale, « les honneurs et les décorations coûtent moins cher aux gouvernements que l'octroi de crédits pour les laboratoires ! »⁴

Ainsi, Röntgen écrivait le 27 novembre 1896 à l'ingénieur Rosenthal de la compagnie Reiniger, Gebbert & Schall A. G. d'Erlangen :

« Vos tubes sont en effet très bons, mais selon moi trop chers : il me faut donc des tubes non seulement pour les expériences connues, mais ils doivent servir pour beaucoup d'autres essais pour lesquels des tubes différents sont nécessaires ; en conséquence, vous allez nous ruiner. Je me permets de poser la question : ne pouvez-vous pas me fournir des tubes à 20 M au lieu de 30 M ; selon mon expérience ancienne cette proposition doit être pleinement acceptable, c'est une chose exceptionnelle et vous pouvez peut-être obtenir de moi d'autres commandes. Si par hasard ma proposition vous va, voulez-vous pour les deux tubes courants m'en envoyer quatre autres de la même qualité, c'est-à-dire deux petits et deux grands ».⁴

C'est ainsi que Röntgen était obligé de marchander ses instruments de travail à ceux-là même qui profitaient le plus des innombrables retombées de sa découverte si importante.

Il y avait cependant aussi le revers de la renommée : désormais, la cohorte des curieux et des gazetiers est aux trousses de Röntgen promu « photographe de l'invisible ». L'Institut de physique et la demeure privée de la famille sont littéralement pris d'assaut, ce qui n'est pas sans rappeler les mésaventures analogues que subirent les époux Curie après la découverte du radium. « Il finiront bien par interroger mon chat » disait Pierre. « Notre paix domestique s'en est allée » se lamente Bertha auprès de ses amis, et Röntgen écrit à Zehnder : « Je me suis désormais habitué aux clameurs, mais je ne suis plus en mesure de faire des expériences. La photographie a été pour moi un moyen pour parvenir à un but, maintenant, au contraire, ils en font la chose la plus importante ».⁹

Mais la malveillance aussi est la

rançon de la gloire. L'un des bobards qui persistera le plus, consiste à faire croire que la découverte des rayons X est due à Marsteller, le technicien du laboratoire, un vieux garçon un peu fruste. Bien que selon les témoignages directs, Röntgen expérimentait toujours seul, selon cette rumeur, Marsteller aurait été le premier à avoir aperçu la fluorescence de l'écran, inhabituelle à la distance où se trouvait l'écran, et le premier à s'être rendu compte que des plaques photographiques, au moment d'être utilisées, étaient déjà impressionnées de manière inexplicable, au point qu'il aurait été durement admonesté par Röntgen et accusé d'incurie.

Le 10 mars 1896, épuisé par deux mois d'une activité intense et las de toute cette agitation, Röntgen écrit à Zehnder :

« Les faits sont la chose principale. Sous ce rapport mon travail a été reconnu de beaucoup de côtés. Boltzmann, Warburg, Kohlrausch, lord Kelvin, Stokes, Poincaré, d'autres et non des moindres m'ont dit leur joie au sujet de la découverte et exprimé leur reconnaissance. Cela m'est d'un grand prix et je laisse les envieux bavarder tranquillement à tort et à travers ; cela m'est complètement indifférent.

*« (...) Nous laissons les honneurs, les lauriers et les rayons X à la maison pour prendre du repos en Italie ».*⁹

Rome, Venise, Florence, bien sûr, mais aussi Sorrente et la Sicile, tel est l'itinéraire que choisiront les époux Röntgen.

« Kennst du das Land,, wie die Zitronen blühen,

« Im dunkeln Laub die Gold-Orangen glühen

« Ein sanfter Wind vom blauen Himmel weht,

« Die Myrte still und hoch der Lorbeer steht,

*« Kennst du es wohl ? »*¹²

*« Ces vers goethéens du lied de Mignon traduisent bien les aspirations sentimentales et idéologiques des gens de culture de la Mittel-Europa qui, dès le XVIIIème siècle, entretiennent continuellement le culte des "italienische Reise" ».*⁵

Avant son départ, Röntgen transmet une seconde communication¹³. Elle se présentait comme un complément de la première publiée deux mois plus tôt. Il y écrit notamment :

« Mon travail devant être interrompu pour quelques semaines, je me permets de communiquer, dès maintenant, quelques résultats :

« Lors de ma première communication, il m'était déjà connu que les rayons X ont le pouvoir de décharger les corps électrisés ; et je suppose que ce sont aussi les rayons X qui ont exercé l'action décrite par Lenard sur des corps électrisés, placés à une certaine distance, et non les rayons cathodiques qui auraient passé sans altération à travers la petite fenêtre d'aluminium de son appareil. »

Le 13 mai 1897, il fait une troisième communication¹⁴, cette fois à l'Académie prussienne des sciences de Berlin. C'est un travail plus dense dont nous reparlerons plus loin. Cette même année, Röntgen est élu recteur de l'université de Wurtzbourg. A cette occasion, il prononce un discours d'usage mais qui contient de fortes paroles qui résonnent comme une profession de foi :

« L'université est le berceau de la recherche scientifique et de l'éducation morale, c'est le lieu où l'on doit cultiver les idéaux tant du côté des étudiants que de celui des professeurs. Sous cet aspect, son importance est beaucoup plus grande que sa valeur pratique ; pour cette raison, il faut tout faire pour que les postes vacants soient attribués à des hommes qui se distinguent comme chercheurs et promoteurs de la science et pas seulement comme enseignants.

« Pour exercer l'enseignement scientifique, il est important d'augmenter le nombre des jeunes émules réunis autour du maître dans l'esprit de la recherche, avec toutes les implications méthodologiques et éthiques que la recherche exige, plutôt que de leur faire des cours dans une salle, ou en les gavant de principes et de formules avec plus ou moins de notions qu'une telle méthode didactique fait inévitablement intervenir. La logique de la recherche expérimentale est en elle-même hautement éducative ; beaucoup plus que la rhétorique moralisante assise en chaire et parée de logique abstraite. L'ancrage au terrain concret des faits, à la pratique est la plus sûre référence de rationalité et de moralité de la science.

« (...) peu à peu, s'est affirmée ma conviction que l'expérience est la méthode la plus puissante et la plus digne de foi pour percer les secrets de la nature et que c'est le critère définitif pour juger si une hypothèse doit être tenue pour valide ou au contraire écartée. Il est presque toujours possible de confronter les résultats de notre raisonnement avec la réalité pratique, ce qui donne au chercheur la sécurité nécessaire. Si le résultat ne s'accorde pas avec la réalité, c'est qu'il doit

être forcément erroné, même si les raisonnements qui y ont conduit ont été très ingénieux.

*« On pourra voir dans tout ceci l'irréductibilité du destin, si l'on considère le grand effort intellectuel et la grande quantité de temps nécessaire pour parvenir à un résultat qui peut être soudainement détruit en même temps que l'espoir qu'il avait suscité. Mais le chercheur, dans le domaine des sciences de la nature, doit s'estimer heureux de posséder une telle pierre de touche, même si celle-ci à son tour, conduit à de grandes contradictions ».*¹⁵

Munich-Weilheim (1900-1923) : le prix Nobel et l'abdication

Röntgen est le savant qui, à Stockholm, en présence du prince héritier Gustave de Suède (il deviendra Gustave V en 1907), reçoit le premier prix Nobel de physique. Cela se passe le 10 décembre 1901, quinzième anniversaire de la mort à Sanremo du pétrolier et philanthrope Alfred Nobel, inventeur de la dynamite.

Röntgen est désigné comme candidat à la majorité de 17 votes sur 29 du comité ordonnateur du prix. Les voix qui ne se sont pas portées sur lui, se sont portées entre autres sur les noms d'Arrhenius, Becquerel, Lorentz, Van der Waals, Thomson, Marconi, Lenard. Tous ces savants obtiendront à leur tour le prix Nobel les années suivantes, y compris Lenard en 1905, pour ses études sur les rayons cathodiques. G. Cosmacini rappelle qu'en 1901, la reconnaissance de la découverte de Röntgen fut pour Lenard une couleuvre très dure à digérer. Röntgen écrivit à ce propos à Frau Margret Boveri, sa filleule :

*« Que dites-vous de cela, que Zehnder a appris la légende que je n'avais pas réalisé seul la découverte des rayons X (...). Je dois admettre que ces mensonges m'influencent beaucoup plus qu'ils ne le devraient. Je devrais me rappeler que là où il y a trop de lumière, il y a aussi trop d'ombre... ».*¹⁵

A la même époque, il écrit à Zehnder :

« L'infâme ragot, que je n'ai pas trouvé seul les rayons X, a sa source selon mes présomptions à Heidelberg, chez Quincke auquel j'ai souvent marché sur

les pieds. Il faudra prendre aussi soin de Lenard. Je suis stupéfait, tandis que je feuilletais de vieilles lettres, d'en trouver quelques-unes écrites par Lenard qui me témoignaient une attitude amicale, cependant il arrêta complètement à l'époque où Wien prit ma succession à Wurtzbourg et où j'obtins le prix Nobel ».⁹

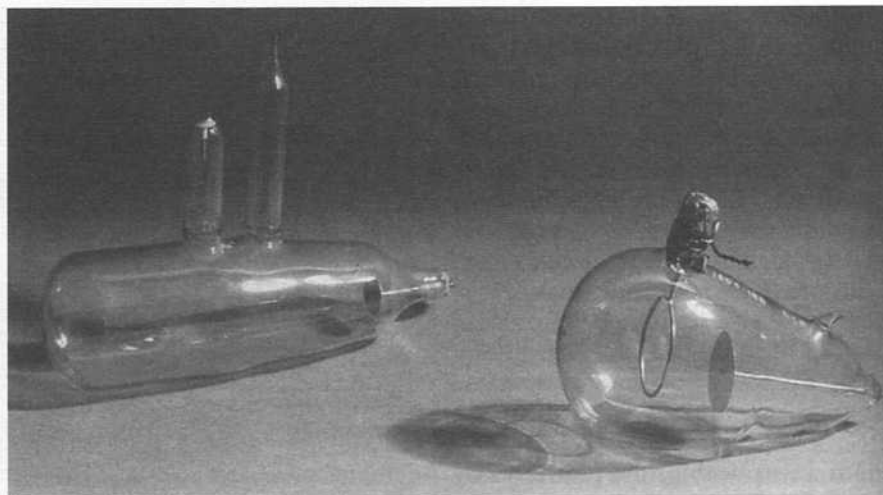
C'est sans doute la rancœur accumulée contre une certaine ambiance académique née de ses conflits qui le pousse à quitter Wurtzbourg où il est cependant bien installé. Après avoir refusé l'offre de l'université de Leipzig de succéder à G. Wiedemann, il accepte en 1898 l'offre de l'université Ludwig Maximilian de Munich de succéder à E. Lommel.

« On part de Wurtzbourg, mais on reste en Bavière. Le climat plus méridional semble, du moins les auspices sont favorables, comporter des avantages pour la santé de Bertha et le nouveau siège universitaire, sous la protection directe du prince régent Leopold qui, selon les dire de Röntgen, "s'est toujours occupé gentiment de mes affaires", semble destiné à fournir le motif, ou le prétexte, pour couper court avec l'héritage du passé ».⁵

Le 9 décembre 1901, Röntgen écrit à Bertha :

« C'était une mauvaise journée hier. A partir de Berlin, sans cesse de la pluie avec un fort vent du sud. Bien que le bateau de Sassnitz [le port sur la Baltique d'où partent les navettes pour Tral-leborg, en Suède] soit bon, il n'est pas grand et, par conséquent, il a été jeté çà et là comme une coquille de noix. Continuellement les vagues retombaient sur le navire, ce qui rendait tout séjour à l'intérieur impossible. J'ai tenu le coup presque deux heures, puis j'ai dû céder et passer les deux heures qui restaient de la façon connue. D'abord je voulais rester à Malmö, mais ensuite je me décidai à continuer jusqu'à Stockholm. J'ai bien supporté le voyage en chemin de fer, pourtant j'étais content de pouvoir, après un frugal déjeuner, m'allonger sur un lit et dormir une bonne heure. Le professeur Arrhenius était venu me chercher à la gare, il ne m'a pas trouvé, par contre je le rencontrai à l'hôtel. Demain soir, à sept heures, aura lieu la festivité, puis un souper et les jours suivants beaucoup d'invitations chez les professeurs. Je vais probablement les refuser et m'en retourner bientôt ».¹⁵

Le lendemain, Röntgen reçoit le prix Nobel en même temps que le hollandais Jacobus-Hendricus Van't Hoff, le pionnier de la stéréochimie,



Tubes à rayons X. On peut distinguer l'anticathode (disque circulaire). Les rayons cathodiques traversent l'anneau de cuivre avant de frapper et de produire l'émission de rayons X.

que son compatriote Emil von Behring, le médecin et bactériologiste créateur du sérum antidiphthérique, que le français René François Armand Prudhomme, dit Sully-Prudhomme, poète parnassien, que le suisse Henri Dunant, fondateur de la Croix-Rouge, et qu'un autre français, Frédéric Passy, économiste et homme politique fondateur de la Ligue internationale pour la paix.

Il se comportera différemment des autres candidats en ne prononçant que quelques paroles de remerciement de circonstances. Il renonce à la conférence d'usage en la programmant pour l'année suivante. Mais à Zehnder, qui s'était offert de lui servir d'assistant pour cette conférence, il répond, le 2 septembre 1902, qu'il ne l'a pas encore mise au point et qu'il ne fera plus rien.

Röntgen continuera d'enseigner à Munich jusqu'en 1920 ; et même après sa retraite, il assurera à Munich la charge de conservateur de l'Institut métrologique de l'Académie pour ne pas se sentir tout à fait inutile. En outre, dans les années de l'immédiat avant-guerre, de 1912 à 1914, ses travaux sur la physique des cristaux et ses « enquêtes pyro- et piézo-électriques » représentent l'été de la Saint-Martin de sa carrière de chercheur.

Pourtant, autour de lui, dans son Institut même, dans la même branche d'étude que celle à laquelle il « a ouvert la voie par sa grande découverte », d'autres chercheurs s'activent avec une grande volonté, une grande productivité et un grand retentissement. Sommerfeld qui, en 1907, avait

compris toute l'importance de la théorie de la relativité restreinte d'Einstein, grâce à sa parfaite maîtrise du calcul mathématique, réussit à l'appliquer à la théorie du « rayonnement de freinage » (*Bremmstrahlung*) des rayons X (grâce à la « précession » relativiste du maximum d'intensité). Cette application contribue à la rapide reconnaissance de la théorie einsteinienne, et c'est Peter Debye, un assistant de Sommerfeld, qui sera appelé, en 1911, à Zurich pour succéder à Einstein à la chaire de physique théorique.

C'est encore Sommerfeld qui s'intéresse tout spécialement à la « théorie des rayons X », en démontrant durant l'été de 1912 que dans le faisceau de rayons « durs » qu'il analyse avec un réseau de Fraunhofer, la longueur d'onde est de l'ordre de 4.10^{-9} cm, c'est-à-dire environ dix mille fois plus courte que celle de la lumière visible. Röntgen vivait presque exclusivement dans sa maison de campagne de Weilheim, à une soixantaine de kilomètres au sud de Munich, au pied de ces Alpes où, écrit-il, « j'oscille comme un pendule avec Munich, selon une grande période » pour y continuer des travaux en collaboration avec son élève russe Abraham Joffé, sur la conductibilité dans les cristaux, la pyro- et la piézo-électricité. On peut dire que comme Pasteur et Pierre Curie, Röntgen s'intéressa toute sa vie aux propriétés des milieux cristallins.

La recherche qu'il avait librement choisie et dans laquelle il s'était complètement investi, est-elle devenue

pour lui comme une lassitude du troisième âge ? De Weilheim, il écrit à Zehnder, le 3 mai 1908 : « *Ce matin à quatre heures, au cours d'une partie de chasse à la lanterne, j'ai tiré deux coqs de bruyère (...). Comme vous voyez, le temps passant, la mesure des exploits change et changent aussi les exploits dont on s'est enorgueilli* ».⁹

Et deux ans après, il confie toujours à Zehnder : « *Je veux me retirer peu à peu de l'activité académique... Si l'on savait comment c'est après... !* »⁹

Des vicissitudes familiales et personnelles contribuent à l'isolement progressif de Röntgen. La santé de Bertha décline, elle souffre de douleurs abdominales récurrentes d'abord interprétées comme gastro-intestinales, puis comme goutte viscérale compliquée de calculs rénaux. A partir de la fin de 1913, les douleurs de Bertha deviennent continues et ne trouvent comme seul soulagement que les opiacées. Au printemps 1909, Bertheli épouse le docteur en médecine Donges et s'établit au loin. Röntgen traverse une période critique y compris physiquement. Il souffre de vertiges et est victime de deux hémoptysies alarmantes. Le 7 juin il écrit à son ami de toujours Théodor Boveri :

« *Je suis affligé d'une sorte de dépression depuis les premiers jours de ma maladie. Maintenant, heureusement je peux dire avoir exagéré ; mais la chose a servi à me rappeler que je suis devenu vieux* ».¹⁵

Un à un ses amis disparaissent..., Boveri en 1915. Mais maintenant les jeunes meurent aussi, sur la Marne, à Tannenberg sur les bords des lacs de Mazurie, dans « l'enfer de Verdun » ou à bord des *U-Boote* dans l'océan.

En bon patriote, Röntgen a répondu à l'appel du Kaiser de « *collaborer activement à fixer les destins de la patrie* ». Après avoir « *donné son or à la patrie* » : son alliance, les bijoux de famille, la médaille Rumford, il souscrit à l'emprunt de guerre pour une somme considérable, en engageant une bonne partie de son patrimoine, y compris les dernières propriétés héritées en Hollande. La suite est connue : l'entrée en guerre des États-Unis au printemps de 1917, la révolution russe, l'insurrection des ouvriers à Munich le 7 novembre 1918, la chute du Reich.

1919 est une année cruciale. La République de Weimar qui vient d'être proclamée n'a pas pour Rönt-

gen, âgé de soixante-quatorze ans, l'attrait de l'Empire germanique proclamé à Versailles lorsqu'il en avait vingt-quatre. Les assassinats politiques et les massacres d'ouvriers ensanglantent Munich. Dans les murs de sa maison, Röntgen assiste à l'agonie de son épouse qui vient d'avoir quatre-vingts ans le 22 avril. Bertha meurt le 31 octobre.

Atteint par la limite d'âge, Röntgen abandonne l'enseignement aussi *de jure*. Il se retire à Weilheim, dans la solitude. En pleine crise économique qui achève de détruire l'Allemagne, il ne s'occupe plus que de sa subsistance, il cultive son potager et élève des porcs.

Le sinistre Lenard s'agite toujours, après avoir proposé, en pangermaniste fanatique la suppression de l'Ampère comme unité de courant électrique et son remplacement par le Weber, il se lance maintenant dans un antisémitisme frénétique lui faisant opposer à la « *saine physique allemande* » la « *folle physique juive* » — entendons par là principalement celle d'Einstein — et il s'appête à devenir le propagandiste d'une campagne raciale conduite au nom de la science nationale-socialiste.

Les vacances d'août sont les dernières de Röntgen en Engadine. Il en a le pressentiment : « *C'est tout ce que j'aimerais voir encore avant de mourir (...). Un des moments les plus beaux a été la superbe randonnée de Tiefencastel à Lenzerheide ; le passé et le présent se sont unis dans une merveilleuse expérience* ».¹⁵

Röntgen savait qu'il était atteint d'un cancer à l'intestin et que ses jours étaient comptés.

« *Le savant du début de l'ère contemporaine meurt calme, tranquille, parfois presque heureux en n'attendant rien de la religion : Stoa ? les Grecs ? Cette façon nouvelle et consciente de mourir est une nouveauté qui traduit une mutation, un changement du sentiment du monde, de l'espérance personnelle de l'homme dans l'univers* ».¹⁶

Cette citation de Friedrich Heer, utilisée par G. Cosmacini à propos de Hertz, convient également à Röntgen.

Le samedi 10 février 1923, les journaux de Munich rapportent la nouvelle suivante :

« *Ce matin, à huit heures et demie, est mort dans 78ème année, Son Excellence le conseiller privé, Professeur Docteur Wilhelm Conrad Röntgen. Ses pa-*

rents et amis le pleurent profondément. La crémation aura lieu mardi 13 février à 10 heures du matin au Cimetière Est. »

Le mystère Röntgen

Si le nom de Röntgen demeure attaché à la découverte des rayons X, ceux-ci n'occupent en fait que trois articles importants sur la soixantaine qu'il publia en tout. En dehors de ces trois publications, et mis à part son travail sur le mouvement d'un corps isolant dans un champ magnétique homogène dont nous avons souligné l'importance, ses autres travaux, portant sur des aspects plus traditionnels de la physique, auraient suffi à lui valoir une notoriété égale à celle de certains de ses pairs tels Kundt, Kohlrausch, ou Helmholtz. Comme Pierre Curie, il aimait construire des appareils de physique et si son talent d'expérimentateur égalait celui du savant français, en revanche, il était totalement hostile aux spéculations théoriques. Ainsi, peut-on s'étonner de trouver en lui un savant qui fait des expériences plus « *pour voir* » que « *pour comprendre* ». Il ne se hasarda que deux fois à formuler des hypothèses théoriques (d'ailleurs fausses l'une et l'autre) : une fois, en tentant d'expliquer le comportement en apparence paradoxal de l'eau à la température de 4°C, en supposant l'existence de deux sortes de molécules : des molécules d'eau et des molécules de glace distinctes les unes des autres, la seconde, en formulant l'hypothèse que les rayons X seraient des vibrations lumineuses longitudinales.

La découverte des rayons X apparaît donc comme le point culminant des recherches conduites par Röntgen au long de sa carrière de physicien expérimentateur, mais elle en est aussi le point final car, après cet exploit, il ne publia plus rien d'important et s'arrêta pratiquement de faire des recherches d'une quelconque envergure bien qu'il lui restait encore un quart de siècle à vivre. Il y a donc un « *mystère Röntgen* ».

Cette attitude a d'autant plus de quoi surprendre que la découverte des rayons X, loin de mettre un terme à une série de recherches ayant épuisé leur sujet, donnait au contraire un nouvel élan à la physique. La

découverte de la radioactivité par Henri Becquerel et les époux Curie découle directement de celle de Röntgen et ouvre la voie à la nouvelle physique de l'atome. L'étude de la diffraction des rayons X rendait possible l'exploration des structures profondes de la matière aussi bien inerte que vivante, de l'architecture des molécules et des cristaux à la structure de l'A.D.N, exploration qui débuta aussitôt après la découverte des rayons X et qui se poursuit encore de nos jours. Il ne faut pas oublier non plus les nombreuses applications médicales, tant dans le domaine du radiodiagnostic que dans celui de la radiothérapie, dont il est longuement question dans l'ouvrage du Dr Cosmacini, même si ces applications se trouvaient en dehors de la sphère d'activité de Röntgen.

Peut-on penser un seul instant que Röntgen « n'était pas dans le coup » ? La principale découverte qui suivit, à savoir que les rayons X sont des ondes électromagnétiques de courte longueur d'onde, était à sa portée : rappelons-nous qu'il émit, le premier, l'idée que les rayons X pouvaient être des vibrations lumineuses longitudinales, ce qui, après tout, est une idée moins simple que de supposer qu'il s'agissait d'une lumière de très courte longueur d'onde et par conséquent invisible. La mise en évidence de la diffraction des rayons X était également possible à un expérimentateur aussi talentueux que Röntgen, même si les sources de rayons X dont il disposait étaient très imparfaites, du moins au début. Très rapidement l'entrepreneuse industrie allemande commercialisa des tubes à rayons X plus performants et émettant un rayonnement de qualité suffisante. Notons au passage que Röntgen, comme Pierre et Marie Curie, ne prit aucun brevet et ne retira aucun profit personnel de sa découverte, mais son prestige avait atteint un tel degré qu'on aurait sans doute fini par lui accorder les moyens matériels et humains pour poursuivre de telles recherches et même fonder une école.

Pourquoi Röntgen renonça-t-il ? On a, ici et là, invoqué la lassitude, la jalousie et la malveillance des collègues : le rôle de Lenard, l'affaire Mars-taller, les fantasmes suscités par la *photographie de l'invisible*, pour le plus grand profit de charlatans de toutes sortes. Mais cela est le lot de tous les découvreurs, ce pouvait agacer Rönt-

gen, néanmoins pas au point de le faire renoncer à l'expérimentation. Il faut donc chercher des raisons ailleurs.

Le dernier paragraphe de la troisième et dernière communication de Röntgen sur les rayons X, ouvre une piste :

« 11. Dès l'origine de mon travail sur les rayons X, j'ai cherché à diverses reprises à leur faire produire des phénomènes de diffraction ; parfois les effets obtenus avec des fentes étroites ou autrement rappelaient les images de diffraction, mais j'ai toujours échoué, lorsque j'ai cherché à vérifier l'existence de la diffraction en modifiant les conditions

On a l'impression que, plutôt que de persévérer dans l'exploration d'un terrain riche de promesses, Röntgen se retire et s'empresse de refermer la porte qu'il avait ouverte en grand.

expérimentales ; j'ai souvent pu constater directement que les phénomènes en question étaient dus à de tout autres causes. Je n'ai aucune expérience à relater d'où je puisse conclure avec sécurité à l'existence d'une diffraction des rayons X ».¹⁴

On a bien lu. Il aperçoit quelque chose qui ressemble à des images de diffraction, mais il n'insiste pas et abandonne cette voie. Plus étonnant encore : lorsque Walter Friedrich et Paul Knipping découvrent, dans le laboratoire de Sommerfeld à Munich, la diffraction des rayons X et en obtiennent une image indiscutable, ils invitent Röntgen. Après avoir écouté attentivement les explications de Friedrich, Röntgen admet qu'il ne peut pas y avoir d'erreurs méthodologiques et que l'expérience avait été conduite correctement. Cependant, après avoir félicité Friedrich et Knipping pour leur travail, il prend congé d'eux en disant : « *Mais ce ne sont pas*

des figures d'interférences » :

« *Röntgen se comporte exactement comme un physicien aristotélicien confronté aux preuves galiléennes de la nouvelle cosmologie* ».⁵

De plus, ce n'est pas la première fois que Röntgen se conduit de la sorte. En effet, on peut se poser une question à première vue incompréhensible et à laquelle il convient de répondre : pourquoi le « fameux expérimentateur » (l'expression est de Lorentz) qui démontre l'effet électromagnétique d'un courant lorsqu'on met en mouvement un diélectrique polarisé, n'a pas poursuivi et développé son travail jusqu'à en tirer toutes les conséquences.

D'ailleurs, après la publication de son travail originel de 1888 « sur la force électrodynamique produite par le mouvement d'un diélectrique placé dans un champ magnétique homogène »¹⁷, on ne trouve plus aucune contribution importante de Röntgen dans ce domaine. Il ne publie deux ans plus tard qu'une « description de l'appareil avec lequel ont été faites les expériences sur l'effet électrodynamique des diélectriques en mouvement ».

C'est Lorentz, professeur de physique mathématique à l'université de Leyde (l'un des quatre physiciens hollandais — avec Grinwis, Haga, van der Waals — à qui Röntgen a envoyé un extrait de ses propres travaux), qui a problématisé ultérieurement le « courant de Röntgen » en montrant qu'il est équivalent au « courant d'Ampère » produit par des charges localisées sur les faces du diélectrique. Cela a conduit à l'approfondissement de problèmes conceptuels tout à fait fondamentaux, comme ceux qui sont liés à la nature de la charge électrique. Sa « théorie électronique » de la matière, exposée dans les trois mémoires de 1892 (puis réunis en un opuscule en 1895), son interprétation de l'éther cosmique comme champ électromagnétique et ses études sur les phénomènes électrodynamiques des corps en mouvement, sont les pierres milières dans le passage révolutionnaire « *de la conception mécanique à la conception électromagnétique de la nature* ».⁵

Röntgen n'emprunte pas cette voie. On a l'impression que, plutôt que de persévérer dans l'exploration d'un terrain riche de promesses, il se retire et s'empresse de refermer la porte qu'il avait ouverte en grand. En

