

# Détection des rayonnements

## La détection et la mesure des rayonnements ionisants – Bref historique

par F.N. Flakus\*

Les rayonnements ionisants font acquérir aux atomes ou molécules neutres une charge électrique positive ou négative. Les types les plus connus de rayonnements ionisants sont les rayons alpha, bêta, gamma, X et le rayonnement neutronique. Les rayonnements composés de particules chargées tels que les rayons alpha ou bêta ont un effet ionisant direct, alors que les rayonnements neutres tels que les rayons X, gamma ou le rayonnement neutronique, ont un effet ionisant indirect, ce qui signifie que ces rayonnements commencent par engendrer des particules chargées, lesquelles exercent ensuite l'effet ionisant.

Le rayonnement est une forme d'énergie. Cette énergie peut se déposer en totalité ou en partie dans un milieu approprié et produire ainsi un effet. La détection et la mesure du rayonnement reposent sur la détection et la mesure de ses effets dans un milieu, et l'histoire de l'apparition des détecteurs de rayonnement est étroitement liée à la découverte des rayonnements et de leurs effets.

Une matière radioactive émet des rayonnements ionisants sans avoir été soumise à aucune influence extérieure. Le type de rayonnement émis et l'énergie qui lui est associée caractérisent la nature de la substance radioactive. Dans de nombreuses applications des détecteurs de rayonnement, le but poursuivi est de mesurer la distribution des énergies du rayonnement (spectrométrie).

Bien que les rayonnements ionisants aient existé dans la nature (rayons cosmiques, matières radioactives naturelles) tout au long de l'histoire de l'humanité, ils sont passés inaperçus jusqu'à il y a moins de cent ans. L'homme ne possède pas de sens spécifique qui réagisse à ce genre de rayonnements, et la science n'a pas été en mesure de mettre au point des instruments capables d'amplifier une réponse humaine à ces rayonnements, alors qu'elle y est parvenue par exemple dans le domaine des ondes lumineuses visibles (optique).

Nous savons aujourd'hui que l'on a possédé très tôt des moyens permettant théoriquement de détecter les rayonnements ionisants: c'est au 17<sup>ème</sup> siècle que l'on a pour la première fois décrit le phénomène de la thermoluminescence; l'électroscope à feuille d'or a été inventé au 18<sup>ème</sup> siècle et la photographie date des débuts du 19<sup>ème</sup>. Mais il a fallu attendre de longues années pour que W.C. Röntgen en 1895 et H. Becquerel en 1896 ouvrent les portes de ces domaines scientifiques entièrement nouveaux.

\* M. Flakus fait partie de la Section de la sécurité radiologique de la Division de la sûreté nucléaire à l'AIEA.

### Les premières découvertes de détecteurs de rayonnements

Dans la soirée du 8 novembre 1895 Röntgen, en travaillant dans une pièce soigneusement obscurcie, remarqua qu'un morceau de carton recouvert de platino-cyanure de baryum émettait une faible lueur verdâtre (fluorescence) lorsqu'une décharge électrique se produisait dans un tube de Hittorf-Crookes placé à proximité. Ce tube était soigneusement masqué par un écran noir imperméable à toute lumière visible. Röntgen vérifia que le tube émettait un nouveau type de rayonnement, invisible, et dont l'existence se révélait lorsqu'il venait frapper l'écran luminescent. Il se livra ensuite à de multiples expériences très poussées sur ce rayonnement auquel il donna le nom de rayons X. L'opération décisive consista à remplacer l'écran fluorescent par une plaque photographique; sensible aux rayons X, elle permettait donc d'enregistrer des images obtenues au moyen de ces rayons.

Le 22 décembre 1895, Röntgen exécuta la première radiographie médicale, qui montre la main de sa femme. Par la suite on utilisa surtout les plaques photographiques pour l'étude des rayons X. L'écran fluorescent perdit de son importance malgré les perfectionnements apportés aux fluoroscopes ou sciscopes par W.F. Magie, E.P. Thomson et T.A. Edison. Au cours de ses nombreuses expériences sur les rayons X, Röntgen observa également que l'air traversé par ces rayons devenait conducteur d'électricité. C'est sur cet effet qu'a reposé le fonctionnement de plusieurs types de détecteurs élaborés par la suite. Les découvertes de Röntgen lui valurent d'être le premier, en 1901, à recevoir le prix Nobel de physique.

Les multiples possibilités d'emploi des nouveaux rayons, en médecine et ailleurs, ne tardèrent pas à être comprises et dès 1896 plus de mille articles et de cinquante livres avaient déjà paru à leur sujet. Les nouvelles découvertes furent bientôt connues, souvent aussi méconnues et parfois combattues. On proposa par exemple d'interdire l'emploi des rayons X pour les jumelles de théâtre, et même de brûler tous les ouvrages concernant les rayons X et de mettre à mort leurs inventeurs. Une entreprise alla jusqu'à tenter d'exploiter certaines crédulités féminines en offrant des dessous imperméables aux rayons X.

Dès les premiers travaux, on avait constaté une forte fluorescence au point du tube de décharge où les rayons cathodiques provoquent l'émission de rayons X, et soupçonné une corrélation entre cette fluorescence et l'émission des rayons. Sur le conseil d'Henri Poincaré,

Becquerel entreprit en 1896 une étude méthodique du rapport entre l'émission de lumière visible et de rayons X. Afin de détecter cette émission, il enveloppa des substances phosphorescentes, qui se trouvaient être des composés d'uranium, dans du papier noir après les avoir exposées au soleil et les posa ensuite sur des plaques photographiques. Sur ces dernières, lorsqu'elles eurent été développées, il constata la présence de tâches noires correspondant à l'emplacement des minéraux uranifères, démontrant ainsi l'émission de rayons pénétrants tels que les rayons X. Plus tard, en développant une plaque photographique qui avait séjourné plusieurs jours dans un tiroir sous un plateau garni de sels d'uranium *non* exposés au soleil, il constata la présence des mêmes tâches noires sur la plaque. Après avoir répété l'expérience, il en conclut que ni la lumière solaire, ni la phosphorescence ni la fluorescence n'étaient nécessaires pour produire l'effet en question, et que tous les composés d'uranium, ainsi que l'uranium métal émettaient des rayons invisibles. La radioactivité était ainsi découverte, en l'an 1896.

Becquerel poursuivit ses études approfondies sur les propriétés des rayons. Entre autres phénomènes importants, il constata que les rayons déchargeaient un électroscope chargé (appareil inventé en 1787 par A. Bennett). Après la découverte de Becquerel, les savants entreprirent de rechercher d'autres éléments possédant la propriété d'émettre des rayonnements.

Comme on l'a vu, on avait constaté très tôt que les rayons X ont la propriété de rendre conducteur l'air sec, c'est-à-dire de libérer dans l'air des charges électriques. On pouvait recueillir ces charges en établissant un champ électrique dans une chambre contenant ce volume d'air en question. Mais il fallut attendre les travaux de J.J. Thomson en 1899 pour bien comprendre le fonctionnement de ces chambres d'ionisation. Madame Curie, née Sklodowska, se rendit compte que la méthode de mesure de l'intensité des rayons X par ionisation se prêterait très bien à la détection des rayonnements découverts par Becquerel. Elle adapta une chambre d'ionisation à un électromètre utilisé par son mari, Pierre Curie, et répéta les expériences de Becquerel. Les résultats furent très satisfaisants. Elle constata que l'intensité du rayonnement était proportionnelle à la quantité d'uranium. En juillet 1898, avec son mari, elle découvrit l'élément radioactif auquel on a donné le nom de polonium. En décembre 1898, les époux Curie annoncèrent la découverte du radium. Ils reçurent, avec Becquerel, le prix Nobel de physique en 1903. Ce fut également Madame Curie qui proposa de donner au nouveau phénomène le nom de *radioactivité*.

Il faut aussi signaler qu'en 1899, J. Elster et H. Gertel, ainsi que, de son côté, C.T.R. Wilson, avaient constaté qu'un électroscope perd constamment sa charge sans avoir apparemment été exposé à des rayonnements, et avaient attribué ce phénomène à la présence de radioactivité dans le sol. C'est également en 1899 qu'on a constaté la déviation d'une partie des "rayons Becquerel" dans un champ magnétique. Quelques années plus tard, Rutherford parvint à donner une explication complète de la nature des rayons alpha, bêta et gamma.

Dans les débuts de la recherche sur le radium, on s'est servi de plaques photographiques pour étudier les

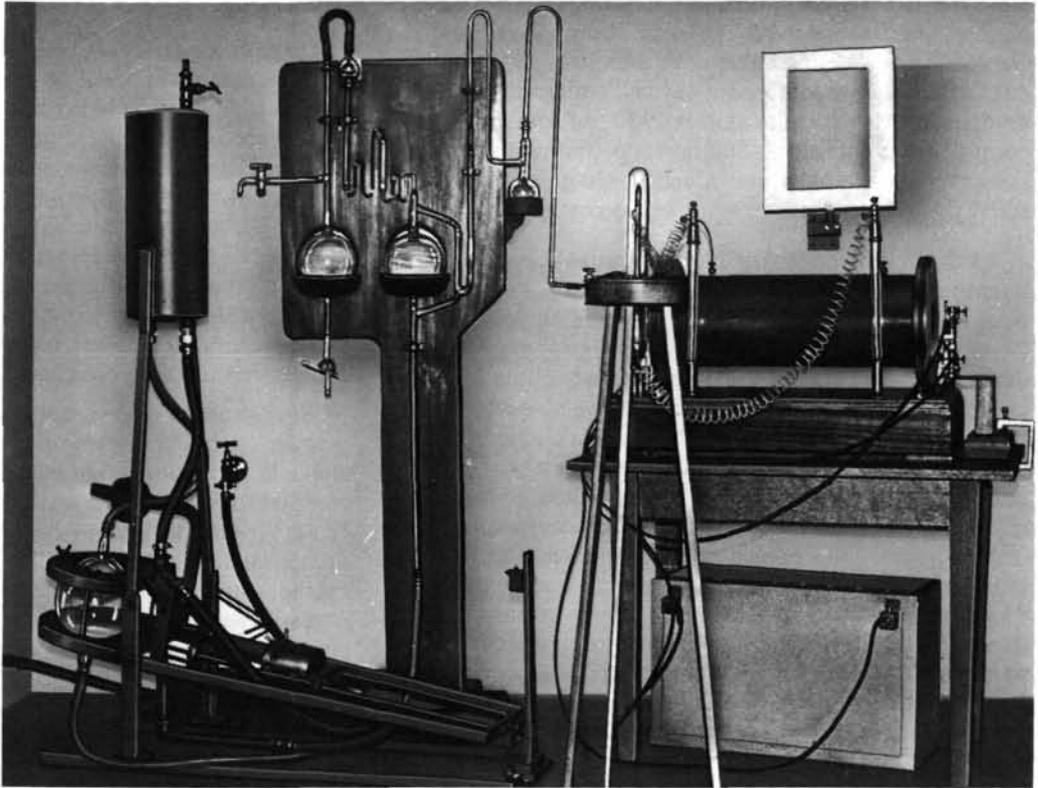
nouveaux phénomènes. Mais l'électroscope à feuille d'or, facile à manier, relativement peu coûteux et très sensible, ne tarda pas à devenir l'instrument préféré des travaux sur les matières radioactives. On mit au point à cet effet divers types d'électroscopes: l'électroscope alpha, dans lequel la chambre d'ionisation et la chambre de mesure sont étroitement liées; l'électroscope bêta, qui combine la chambre d'ionisation et la chambre de mesure; l'électroscope à émanation pour la mesure des gaz radioactifs. L'emploi de chambres d'ionisation associées à des galvanomètres fut réservé à la mesure des rayonnements intenses. Ces toutes premières méthodes de détection, à savoir l'écran fluorescent, la plaque photographique, l'électroscope à feuille d'or, la chambre d'ionisation associée à un électroscope ou à un galvanomètre, présentaient une caractéristique commune: ils ne pouvaient réagir qu'à des rayonnements "en vrac" et restaient insensibles aux rayons isolés.

Le premier instrument capable de détecter les rayons isolés a été le spintaroscope inventé par Crookes en 1903. On avait constaté que la luminosité d'un écran en sulfure de zinc exposé à des particules alpha se compose d'un certain nombre de points lumineux scintillants qu'on peut observer à l'aide d'une forte loupe. Rutherford et Geiger découvrirent que, sur un écran uniforme, chaque scintillation correspond à l'impact d'une unique particule alpha. On possédait donc une méthode très simple permettant de compter les particules alpha une à une, et ce fait acquit par la suite une grande importance pratique. Rutherford et ses élèves perfectionnèrent très remarquablement cette méthode, qui fut ensuite largement employée pendant des années jusqu'après 1930. Elle imposait toutefois aux chercheurs une tension et une fatigue extrêmes; on procédait habituellement de la façon suivante: un observateur comptait pendant une minute, puis était relevé par le suivant. Un observateur avait parfois à faire ainsi vingt périodes de comptage d'une minute pendant chaque expérience.

Un autre instrument permettant de voir les rayonnements isolés fut la chambre à nuage, construite pour la première fois en 1911 par C.T.R. Wilson. Elle comporte d'ordinaire une plaque frontale en verre pour l'observation, des parois latérales en verre servant à l'éclairage, qu'on peut déplacer à l'aide d'un piston pour agrandir le volume de la chambre en une fraction de seconde. Des gouttelettes se forment sur le parcours des particules chargées d'électricité et l'on peut photographier ces traces visibles.

Les perfectionnements apportés à la chambre à nuage entre 1923 et 1930 en firent un instrument des plus utiles qui rendit possible de nombreuses et importantes découvertes. En 1939, A. Langsdorf construisit la première chambre à nuage à diffusion, dont la sensibilité est continue. On emploie aussi depuis les années 1950 dans les expériences de physique des hautes énergies des chambres à bulle, qui rendent les parcours des particules visibles en milieu liquide. La chambre à sillages lumineux a été mise au point pendant les années 1960.

Outre les effets photographiques, d'ionisation et de scintillation, on a constaté très tôt d'autres effets des



Reconstitution de l'ensemble d'appareils au moyen desquels Röntgen a découvert les rayons X le 8 novembre 1895. Le tube à décharge est fixé au trépied; l'écran fluorescent se trouve dans le coin supérieur droit. (Photo: Deutsches Röntgen-Museum)

rayonnements. On savait dès les premiers travaux que les rayonnements ionisants ont des effets biologiques. En avril 1896, Daniel décrit une grave réaction cutanée apparue après une longue exposition aux rayons X. D'autres chercheurs firent des constatations analogues. Une brûlure par rayons X s'est même produite avant qu'ils aient été découverts! Pendant l'été de 1895, E. Grubbé, au cours d'une recherche sur des tubes cathodiques à décharge, contracta aux mains une étrange dermatite que ni lui ni son médecin ne surent expliquer. Il devait mourir d'un cancer en 1960. En 1901, Becquerel constata une rougeur de la peau sous son gilet dans la poche duquel il avait mis une source de rayonnement. Pierre Curie exposa volontairement une partie d'un de ses bras à une source de rayonnement pendant 10 heures; la réaction cutanée semblable à un coup de soleil qui s'ensuivit ne guérit qu'au bout de quatre mois. A l'Hôpital Saint-Louis, Danlos chercha à déterminer si l'on pouvait utiliser les effets du radium sur la peau dans le traitement de certaines dermatoses. Les pionniers de la recherche sur les rayonnements comptèrent de nombreux martyrs. On leur éleva en 1936 à Hambourg un monument qui porte 178 noms. En 1928, au Deuxième congrès international de radiologie, on fonda la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) qui porta à l'origine le nom de Comité international de protection contre les rayons X et le radium. Cet organisme fait autorité en matière de sûreté radiologique.

Bientôt après la découverte du radium on constata encore un autre effet, à savoir la déplétion rapide des leucocytes dans le sang après injection de liquides radioactifs. On apprit aussi que les aveugles éprouvaient

une sensation de luminosité lorsqu'on exposait leurs yeux à une source de radium. Ce phénomène est dû à une fluorescence du cristallin, du globe oculaire et de la rétine exposés aux rayons gamma.

On constata également que les rayonnements coloraient le verre et les minéraux, qu'ils blanchissaient les couleurs, et qu'un gros échantillon de radium subit une légère élévation de température. Ces effets n'ont joué qu'un rôle secondaire dans la détection et la mesure des rayonnements aux premiers temps de la recherche. Les effets chimiques devaient toutefois plus tard rendre de grands services pour la dosimétrie rapide dans les champs de rayonnement intenses, et les effets thermiques ont pris une importance particulière dans la mesure absolue du rayonnement des émetteurs alpha au moyen des microcalorimètres.

### L'évolution des détecteurs de rayonnements

Les effets constatés lors des premières recherches sur les rayons X et les matières radioactives restent à la base de la détection telle qu'on la pratique de nos jours. Les instruments de détection ont été maintes fois perfectionnés au cours des années et de nombreux chercheurs ont contribué à ces progrès dont nous ne pouvons retracer ici que les grandes lignes.

### Les émulsions photographiques

Comme on l'a déjà vu, l'emploi des plaques photographiques pour l'enregistrement des rayonnements ionisants remonte à la découverte des rayons X et de la

radioactivité. Plus tard, on a mis au point des émulsions photographiques spéciales, notamment pour la radiographie et l'autoradiographie. Les premières applications ont fait appel à l'assombrissement de l'émulsion sous irradiation. Mais dans les années 1930, on a mis au point d'autres émulsions, nucléaires, permettant l'observation des traces individuelles. On en a fait un grand usage dans les travaux sur les rayons cosmiques.

La dosimétrie photographique n'a atteint le stade quantitatif qu'en 1942, lorsqu'on a inventé les dosifilms pour la surveillance radiologique courante du personnel. On avait déjà employé auparavant des films pour estimer l'exposition du personnel mais les résultats obtenus étaient plutôt vagues: on développait des plaquettes photographiques dentaires portées dans la poche pendant un certain temps et, si l'on observait un noircissement rendant illisibles des caractères de journal, on considérait qu'il y avait lieu d'étudier des mesures de protection. On s'est également servi d'émulsions photographiques dans les travaux comportant l'emploi de chambres à nuage, notamment pour les dispositifs de spectrographie magnétique en spectrométrie des particules. Aujourd'hui les émulsions photographiques sont couramment employées en médecine, ainsi que dans l'industrie et la recherche scientifique.

### La scintillation

La détection des rayonnements ionisants par la lumière scintillante induite dans du sulfure de zinc a été un des premiers procédés de détection et de comptage. Elle a toutefois été presque totalement supplantée par les méthodes de comptage électrique au cours des années 1930, pour réapparaître dix ans plus tard: on a alors associé aux scintillateurs des tubes électroniques photomultiplicateurs qui convertissent les faibles éclats lumineux en impulsions électriques qu'on peut compter électroniquement. Dès lors le comptage à vue appartient au passé.

Pour être un bon scintillateur, une substance doit convertir la plus grande partie possible de l'énergie de rayonnement incidente en fluorescence instantanée, le rendement lumineux doit être proportionnel à l'énergie déposée, la luminescence doit être de courte durée, la substance doit être homogène et posséder de bonnes propriétés optiques. Aucune substance ne satisfait en même temps à toutes ces conditions, et le choix d'un scintillateur exige toujours un compromis entre ces divers facteurs.

On a découvert plusieurs bons scintillateurs en 1947 et 1948. Les scintillateurs organiques datent de 1947. En 1948, on a découvert le cristal d'iodure de sodium activé au thallium qui a été mis sur le marché en 1950 et très couramment employé par la suite. C'était pratiquement le premier détecteur solide pour la spectrométrie gamma, et il est encore aujourd'hui le scintillateur le plus en faveur dans ce domaine. L'apparition des détecteurs à scintillateur liquide remonte à 1948, mais on ne s'y est intéressé qu'à partir des années 1960. Bien que, techniquement parlant, le cristal NaI(Tl) soit un détecteur solide, on a pris l'habitude de réserver l'appellation de détecteur solide aux appareils utilisant un milieu semi-conducteur.

### L'ionisation

On peut ioniser des substances très diverses, mais l'emploi dans un appareil de détection exige que les charges produites par le rayonnement puissent se déplacer sous l'influence d'un champ électrique. Les gaz remplissent facilement cette condition et les détecteurs à ionisation de la première génération contenaient un gaz. Le modèle le plus simple est celui de la chambre d'ionisation qui avait déjà servi d'instrument essentiel dans les premières recherches sur les rayons X. En 1910 Hess, en utilisant une chambre d'ionisation au cours d'une ascension en ballon, a apporté la première preuve de l'existence des rayons cosmiques.

Rutherford et Geiger, qui avaient décrit en 1908 le premier compteur électrique cylindrique de particules alpha, le perfectionnèrent en 1912 par l'adoption d'un compteur sphérique. La mise au point en 1913 d'un détecteur pour le comptage des particules bêta marqua un nouveau progrès. En 1928, Geiger et Müller produisirent un nouveau type de compteur à gaz qui réagissait aux phénomènes isolés radio-induits en émettant un signal de sortie amplifié. C'est le compteur GM (Geiger-Müller); sa simplicité, sa facilité de fonctionnement et son bon marché lui valurent bientôt d'être largement employé. Le compteur GM ne pouvait toutefois pas mesurer directement l'énergie de rayonnement et ne pouvait servir qu'à des comptages relativement faibles. C'est toutefois encore le meilleur appareil possible quand on a besoin d'un système de comptage simple et économique.

Le progrès des détecteurs à gaz s'accrut encore dans les années 1940. En 1940 Frisch inventa la chambre d'ionisation à grille qui trouve encore un emploi limité dans la spectrométrie alpha. La fin des années 40 vit l'apparition d'un troisième type de détecteur à gaz, le compteur proportionnel, qui amplifiait la charge créée dans le gaz. Les compteurs proportionnels trouvèrent un champ d'application important dans la spectrométrie des rayons X à basse énergie. On s'en sert encore fréquemment aujourd'hui dans de nombreux laboratoires pour la mesure des rayonnements alpha ou bêta. Bien que des détecteurs à gaz soient encore d'usage courant dans les laboratoires nucléaires, les détecteurs à ionisation classiques avec remplissage de gaz ont été abandonnés pour presque tous les travaux de haute précision.

On n'a pas tardé à se rendre compte qu'il y avait grand intérêt à remplacer le gaz par un milieu solide. Les solides ont en effet une densité environ 1000 fois supérieure à celle des gaz et permettent d'employer des détecteurs beaucoup moins encombrants. On a signalé quelques travaux sur les compteurs à cristal dès 1932 par Jaffe, et en 1945 par Van Heerden. Mais ce fut seulement à la fin des années 1950 et au début des années 1960 que l'on vit apparaître des détecteurs de rayonnements qui mesurent l'ionisation produite dans des diélectriques et qui sont l'équivalent solide des chambres remplies de gaz. Ces détecteurs semi-conducteurs ne tardèrent pas à se développer. Les détecteurs à jonction diffusée et à barrage en surface trouvèrent de nombreux emplois pour la détection des particules alpha. La compensation par migration d'ions, dont Pell fit la première démonstration en 1960, fournit une méthode pratique permettant de fabriquer des détecteurs semi-

conducteurs de volume actif plus fort. Ces détecteurs compensés furent bientôt d'usage répandu en science nucléaire.

Aujourd'hui, c'est surtout le silicium qu'on emploie comme semi-conducteur dans les détecteurs à diode en spectrométrie des particules chargées, alors que le germanium est plutôt utilisé pour les détecteurs à migration d'ions servant à mesurer le rayonnement gamma. Ce sont les détecteurs au silicium qu'on choisit le plus souvent pour la spectroscopie des rayons X de faible énergie ainsi que pour la spectroscopie des particules bêta. La principale caractéristique des détecteurs au germanium est leur très bonne résolution en énergie pour la spectroscopie des rayons gamma, domaine dans lequel ils ont presque entièrement supplanté tous les autres systèmes. La production des détecteurs au Ge(Li) est très délicate. Cependant, une fois mis sur le marché, ils se sont répandus partout à une vitesse fulgurante.

L'emploi de ces détecteurs au Ge(Li) se heurte à une difficulté pratique: ils doivent être stockés et fonctionner à très basse température. En 1970-72 on a pu obtenir un germanium ultra-pur permettant de produire des détecteurs au germanium sans compensation par le lithium: ce sont les détecteurs au germanium intrinsèques, qui peuvent être conservés à la température ambiante. On évalue à un millier le nombre de détecteurs au germanium intrinsèques actuellement en usage dans le monde.

Après la découverte du neutron par Chadwick en 1932, on put bientôt disposer de sources assez modestes de neutrons, mais leur détection et leur mesure présentaient des difficultés beaucoup plus grandes que celles des autres types de rayonnement. Les premiers travaux portèrent presque uniquement sur des détecteurs à ionisation secondaire dans lesquels les produits chargés des réactions induites par les neutrons, ou les reculs chargés, étaient détectés par des compteurs à ionisation ou proportionnels appropriés. Ce n'est que quelques années plus tard, après 1942, quand on a disposé de sources de neutrons très puissantes grâce aux réacteurs à fission, que l'on a pu mettre au point des détecteurs de neutrons plus perfectionnés.

Pratiquement tous les types de détecteurs de neutrons présentent la combinaison d'un matériau-cible, conçu pour convertir les neutrons en particules énergétiques chargées, avec un détecteur de rayonnements classique. Comme la physique des neutrons couvre une très large gamme d'énergies, représentant quatorze puissances de dix environ (de  $10^{-6}$  à  $10^8$  eV), on a mis au point des techniques assez différentes pour la détection des neutrons dans différents domaines d'énergie; on fait généralement une distinction entre neutrons lents, intermédiaires et rapides.

Les réactions les plus fréquemment utilisées pour la conversion des neutrons lents en particules chargées détectables sont les réactions  $(n, \alpha)$  avec le bore 10 et le lithium 6 et  $(n, p)$  avec l'hélium 3. On fait un large emploi comme détecteur de neutrons lents du tube proportionnel rempli de trifluorure de bore gazeux.

Plusieurs détecteurs de neutrons rapides ont été construits selon le principe qui consiste à placer un



Radiographie prise par Röntgen le 22 décembre 1895; elle représente la main de sa femme. (Photo: Deutsches Röntgen-Museum)

détecteur de neutrons lents au centre d'un milieu modérateur. Un détecteur très en faveur est un compteur allongé comportant un tube  $\text{BF}_3$  entouré d'un modérateur cylindrique et qui donne une courbe formant palier, proposé pour la première fois par Hanson et McKibben en 1947. La découverte vers 1950 de scintillateurs organiques pour la détection des neutrons a élargi le champ de la physique des neutrons rapides. La mise au point de scintillateurs inorganiques (scintillateurs en verre au Li-6) a fortement contribué aux progrès de la physique des neutrons à basse énergie depuis le début des années 1960. Mais c'est avec les systèmes dits "temps de vol" que la détection des neutrons lents a atteint sa plus grande précision.

En 1960 Bramblett, Ewing et Bonner ont mis au point un "dosimètre sphérique" dont le pouvoir de détection était bien adapté à la dose délivrée par les neutrons dans un milieu biologique: on lui a donné le nom de "sphère de Bonner". La mise au point de petits détecteurs pour la surveillance de l'exposition aux neutrons, notamment dans le domaine d'énergie des neutrons intermédiaires, doit encore faire l'objet d'une attention particulière.

Nombre d'autres détecteurs que nous n'avons pas mentionnés jouent aujourd'hui un rôle important dans la détection des rayonnements. Dans certains matériaux, notamment les feuilles de plastique, on peut rendre visible la trace de molécules endommagées le long d'un parcours de particules en agrandissant le dommage au

moyen d'une attaque par agents chimiques. Les substances employées pour détecter ainsi les particules chargées sont appelées des *détecteurs track etch*. On dispose de méthodes de lecture spéciales pour compter ces traces et cette méthode de détection rend service pour la détection des ions lourds et des produits de fission.

La radioactivité induite par les neutrons dans un grand nombre de substances peut être utilisée pour les mesures neutroniques. On peut employer la mesure du rayonnement émis par ces substances pour en déduire des renseignements sur les neutrons incidents. Ces appareils sont appelés *détecteurs par activation*. Bien que la méthode se heurte à des limitations physiques complexes, les détecteurs par activation ont trouvé un certain champ d'application pour la mesure du rayonnement neutronique.

Les matériaux scintillants inorganiques émettent de la lumière sous la forme d'une fluorescence instantanée lorsqu'on les expose aux rayonnements. Il existe cependant une catégorie de cristaux inorganiques qui peut "piéger et emmagasiner" les excitations causées par l'irradiation, et ces excitations peuvent, sous l'action d'une stimulation thermique, être libérées sous la forme d'une émission de lumière. Les substances qui possèdent cette propriété fonctionnent comme des détecteurs intégrateurs. Les détecteurs qui reposent sur ce principe sont appelés *dosimètres thermoluminescents*. Le phénomène de la thermoluminescence a été décrit pour la première fois par Boyle en 1663 et plus tard par Wick en 1927-1928. Les études qui ont mené à l'élaboration du dosimètre thermoluminescent (TLD) n'ont toutefois été commencées qu'en 1948 par L.F. Heckelsberg. La relation constatée entre la dose de rayonnement et la quantité de thermoluminescence a conduit Daniels à proposer l'emploi de cristaux d'halogénures alcalins pour la dosimétrie des rayonnements. C'est en 1966 qu'on a commencé à utiliser sur une grande échelle de petits fragments de LiF pour la dosimétrie du personnel. Ces pastilles TLD remplacent peu à peu les dosifilms photographiques dans cet emploi, notamment dans les pays tropicaux.

Un autre détecteur reposant sur un principe différent mérite une mention particulière, c'est le *détecteur Tcherenkov*. Ce chercheur a observé le premier en 1937 la lumière émise par des particules rapides chargées traversant un milieu transparent, à laquelle on a donné son nom. Les détecteurs reposant sur l'effet Tcherenkov sont fréquemment employés pour les expériences en physique des hautes énergies.

### L'équipement des détecteurs

Les progrès des détecteurs de rayonnements sont inséparables d'un important progrès réalisé parallèlement par les appareils qui reçoivent leurs signaux, les traitent et fournissent les résultats voulus. Rappelons quelques étapes de cette évolution: en 1931, Williams en développant les recherches faites par Greinacher en 1926, a mis au point le premier amplificateur linéaire capable d'amplifier l'impulsion produite dans une chambre d'ionisation peu profonde par le passage d'une unique particule alpha. Le photomultiplicateur date de 1940. Dans les premières années 1950 on a pu disposer

d'une large gamme d'amplificateurs à lampes, qu'on n'a cessé de perfectionner par la suite, notamment par la mise au point de circuits à rétroaction.

Vers la fin des années 1950 et au début de la décennie suivante on a remplacé les tubes à vide par des transistors, qui offrent l'avantage de consommer peu d'énergie, d'être de petites dimensions (circuits intégrés) et fiables. Ce qui n'a pas tardé à entraîner la création de nombreux détecteurs portatifs très efficaces. On a perfectionné les instruments pour pouvoir mesurer des comptages plus élevés. Au cours des années 1960, les techniques de l'informatique ont été mises au service des détecteurs de rayonnements. Et l'on ne fait encore qu'entrevoir les multiples avantages que les microprocesseurs (unités centrales de traitement sur pastilles à circuit intégré) apporteront aux instruments de mesure du rayonnement.

### Les perspectives

En moins d'un siècle, les détecteurs de rayonnements nucléaires ont fait pénétrer les sens de l'homme dans des domaines totalement inconnus auparavant; ils ont littéralement donné à l'homme un sixième sens. On possède aujourd'hui d'innombrables instruments de détection et de mesure des rayonnements ionisants, depuis ceux qui font partie de l'outillage courant des laboratoires nucléaires, jusqu'aux ensembles très complexes destinés à des applications tout à fait spéciales. Les détecteurs non seulement explorent la nature des rayonnements et des émetteurs de rayonnements nucléaires, mais encore contribuent à l'emploi bienfaisant des rayonnements dans la médecine, l'industrie et la recherche, en même temps qu'à combattre les dangers que pourraient entraîner les rayonnements ionisants.

Le développement rapide des instruments de mesure et leur large diffusion a toutefois soulevé de nouveaux problèmes. On voit souvent utiliser des instruments très compliqués là où des appareils plus simples auraient suffi; par exemple il arrive qu'on emploie un analyseur à multicanal alors qu'un analyseur monocanal aurait fait l'affaire.

Les instruments de mesure du rayonnement ont donné à l'homme la faculté de définir son environnement avec une précision qu'on aurait crue impossible il y a quelques années seulement. Pour de nombreux éléments, la sensibilité s'exprime en parties par milliard; on n'avait jamais pu mesurer des concentrations aussi faibles.

### Bibliographie

- The science of ionizing radiation* Compiled and edited by L.E. Ettore Charles C. Thomas, Springfield, Illinois, USA (1965).
- Detectors in nuclear science* Ed. D.A. Bromley Nuclear Instruments and Methods, Vol. 162 No. 1-3, Parts I and II (1979).
- Radiation detection and measurement* G.F. Knoll John Wiley & Sons, New York (1979).
- Wilhelm Conrad Röntgen 1845-1923* 1973 Inter Nations, Bonn-Bad Godesberg, H. Moos Verlag, München.
- Radiation Protection Standards* L.S. Taylor Butterworths, London (1971).
- Historical note - thermoluminescent dosimetry (LiF) 1950-1951* L.F. Heckelsberg Health Physics Vol. 39, pp. 391-393 (1980).