

NUCLEAIRE - I

LA DÉCOUVERTE DE LA RADIOACTIVITÉ

Robert Six

I. INTRODUCTION

Après le prologue, “Faut-il avoir peur du nucléaire ?” qui était une mise en condition, nous abordons d’une manière plus détaillée ce dossier “nucléaire”. Dans cette partie nous survolons l’histoire de la physique nucléaire, en abordant quelques notions de théorie, nécessaire pour bien appréhender le sujet. Nous démarrons à l’orée du vingtième siècle avec la découverte de la radioactivité pour aboutir au drame des explosions nucléaires qui mirent fin à la guerre dans la Pacifique.

II. ROENTGEN ET SES RAYONS X

La **découverte de la radioactivité** qui s’est échelonnée de **1896 à 1898**, se rattache historiquement à celle des **rayons X**.

Tout commence en **1895** lorsque **Wilhelm ROENTGEN** mit en évidence l’existence des “**rayons X**”. Ce professeur prussien, directeur de l’Institut de physique de Würzburg, se consacrait à l’étude des décharges électriques à travers des gaz au moyen d’un appareillage des plus rudimentaires, à savoir : une bobine de Ruhmkorff, pour produire de l’électricité à haut voltage, un tube cathodique dans lequel se produisait la décharge (tube de Crookes). C’est tout ! (Fig. 1).

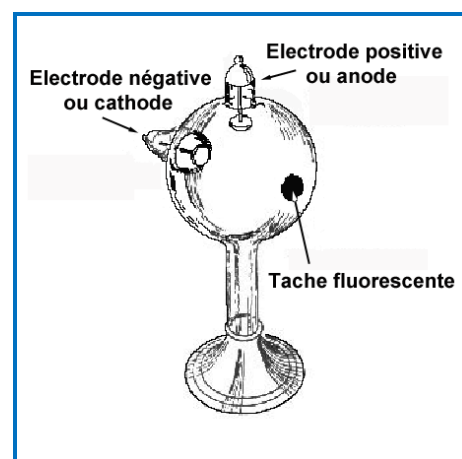


Fig. 1 – Tube de Crookes

Le tube, sous vide, était simplement une ampoule de verre en forme de globe, de saucisse ou de poire, pourvue d’une paire d’électrodes métalliques (cathode et anode). La décharge électrique s’effectuait entre celles-ci. C’est à la cathode (électrode négative) qu’apparaissaient, perpendiculairement à celle-ci, les rayons cathodiques, flux d’électrons, qui allaient frapper la paroi du tube dont le verre s’illuminait d’une lueur fluorescente.

Le **8 novembre 1895**, peut-être par accident, **ROENTGEN** observa qu’un écran fluorescent placé à proximité de son équipement s’illuminait, bien que le tube soit recouvert d’un carton noir. Il venait de découvrir un nouveau type de rayonnement auquel il donna le nom de “**rayons X**”, n’en connaissant pas la nature. Il constata également que ces rayons avaient l’étrange pouvoir de projeter une image des os de sa main sur un écran. Intrigué,

il répétera ses expériences durant le mois de décembre et ne publiera qu'un court article à la fin de l'année qui eut un retentissement énorme dans le monde scientifique. Quand le prix Nobel fut fondé en **1901**, le prix de physique alla tout naturellement à notre savant.

Un certain nombre de propriétés intéressantes présentées par ces rayons furent bientôt mises en évidence : notamment, ils impressionnaient la plaque photographique, ils ionisaient les gaz, les rendant conducteurs de l'électricité, de plus, fait essentiel, ils avaient un grand pouvoir pénétrant, propriété à la base de la radiographie. Ce ne sera qu'en **1912**, à la suite des expériences de **FRIEDRICH** et **KNIPPING** que leur nature de rayonnement à très grande fréquence sera établie. Ils entrent dans la catégorie des rayonnements électromagnétiques au même titre que la lumière, c'est-à-dire une émission de photons à très haute énergie, au delà de l'ultra-violet.

III. LA SUGGESTION D'HENRI POINCARÉ

L'opuscule comploté par **Roentgen** à la **Noël 1895** parvint à Paris entre les mains du mathématicien et théoricien de la physique, **Henri POINCARÉ**. Dans l'après-midi du **20 janvier 1896**, il en informa l'Académie des Sciences. Les académiciens purent voir les premiers clichés des os des mains obtenus au moyen des rayons X, dès la mi-janvier, par les physiciens **UDIN** et **BARTHELEMY**. Emoi et discussions dans le landerneau scientifique; parmi les auditeurs, l'académicien **Henry BECQUEREL**, professeur de physique au Muséum d'Histoire Naturelle.

POINCARÉ posa la question de savoir

« si des milieux dont la fluorescence est assez forte ne pourraient pas émettre des rayons X en plus de la lumière, quelle que soit la cause de leur fluorescence ».

Divers expérimentateurs prétendirent avoir vérifié cette hypothèse sur différents produits, mais aucun résultat ne put être confirmé. Il n'en faut pas plus pour éveiller la curiosité d'**Henri BECQUEREL**.

IV. BECQUEREL ET SES SELS D'URANIUM

Il est des gestes sans importance qui font des révolutions qui bouleversent le monde et dont, plus de cent ans après, on ressent toujours les formidables effets. Ce geste-là, **Henri Antoine BECQUEREL** l'a fait à la fin du XIX^e siècle en oubliant pendant quelques jours dans un tiroir plusieurs plaques photographiques.

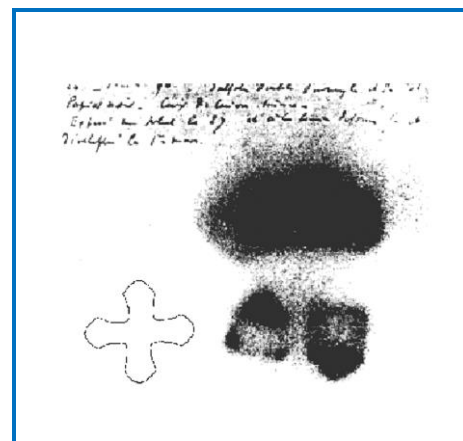


Fig. 2 – Taches enregistrées par une plaque photographique

Henri BECQUEREL (1852-1908) était déjà en **1896** un physicien accompli, ancien élève de l'École Polytechnique et titulaire de la chaire de physique du Muséum d'histoire naturelle, comme l'avaient été son père Edouard et son grand-père Antoine-César. L'Académie des

Sciences l'avait accueilli sept ans plus tôt en son sein pour ses travaux sur l'optique, le magnétisme, l'électricité et l'énergie. Comme son père, dont il fut l'assistant, il était le spécialiste de la phosphorescence des solides. Il étudiait la **fluorescence des sels d'uranium**.

Le **24 février 1896**, **BECQUEREL** annonça à son tour à l'Académie des Sciences avoir observé le même phénomène avec un sel fortement phosphorescent : le sulfate double d'uranyle et de potassium. Une croûte de ce sel placée sur une plaque photographique enveloppée de deux feuilles de papier épais est exposée pendant plusieurs heures au soleil. Après développement, la plaque présentait la silhouette sombre de la substance phosphorescente. Cela semblait confirmer la suggestion de **POINCARÉ**. Tout le monde semblait satisfait.

Mais, la semaine suivante, **BECQUEREL** constata que la lumière ne jouait aucun rôle dans la production du phénomène. Dans une note historique adressée à l'Académie des Sciences le **2 mars 1896** **Henri BECQUEREL** écrit :

« Les mêmes lamelles cristallines... maintenues à l'obscurité produisent encore les mêmes impressions photographiques. Voici comment j'ai été conduit à faire cette observation : parmi les expériences qui précèdent, quelques-unes avaient été préparées le mercredi 26 et le jeudi 27 février et, comme ces jours-là, le soleil ne s'était montré que d'une manière intermittente, j'avais conservé les expériences toutes préparées et rentré les châssis à l'obscurité dans le tiroir d'un meuble, en laissant en place les lamelles du sel d'uranium. Le soleil ne s'étant pas montré de nouveau les jours suivants, j'ai développé les plaques photographiques le 1^{er} mars, en m'attendant à trouver des images très faibles. Les silhouettes apparurent, au contraire, avec une grande intensité. »

Il était temps car en Angleterre **J.J. THOMPSON** travaillait également sur la **fluorescence du nitrate d'uranium** et s'apprêtait à publier ses observations.

Signalons, que dès **1867**, **NIEPCE DE SAINT-VICTOR**, petit-cousin du père de la photographie **Joseph Nicéphore NIEPCE**, et inventeur du papier photosensible, remarqua la faculté qu'avait, dans l'obscurité, l'azotate d'urane de réduire le sel d'argent. Il n'en tira aucune conclusion.

Henri BECQUEREL entreprit de nouvelles expériences avec de nombreux sels d'uranium maintenus dans l'obscurité, afin de déterminer si le nouveau phénomène était indépendant de l'émission phosphorescente de ces sels, due à l'exposition à la lumière. Il essaya des sels uraneux, non phosphorescents, ainsi que l'uranium métallique, dès qu'**Henri MOISSAN**, de l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Paris, l'obtint. Ceux-ci présentaient le même type d'activité. Il remit en cause l'hypothèse qui l'avait inspiré et pu émettre :

« [...] l'hypothèse d'une phosphorescence par émission de radiations invisibles dont la durée de persistance serait très grande »

Il appela ce nouveau rayonnement "rayons uraniques" ou "rayons U".

BECQUEREL poursuivit ses études dans le but de démontrer l'identité du rayonnement uranique et des rayons X. Il détermina quelques propriétés nouvelles : ce **rayonnement** était **absorbable par de minces écrans métalliques**, il provoquait la **conduction électrique de l'air** et curieusement son intensité ne semblait pas décroître dans le temps, contrairement à son attente. Selon son hypothèse, l'uranium, avant d'être mis dans l'obscurité, aurait absorbé une quantité considérable d'énergie lumineuse, puis la transformerait et la restituerait lentement sous la forme des nouveaux rayons X. Cependant, la provision d'énergie s'épuiserait à la longue, et une diminution de l'activité devrait peu à peu se manifester. Pour élucider cette question, **Henri BECQUEREL** disposa plusieurs composés d'uranium dans une boîte en plomb épais. Au bout de deux mois l'intensité de l'émission n'avait pas diminué ce qui rendait cette hypothèse peu vraisemblable. Néanmoins il poursuivit l'étude pendant sept ans et l'activité resta constante dans les limites de précision des mesures : la protection par le plomb ne diminuait en rien l'intensité des effets. Ce résultat rendait invraisemblable l'idée d'une absorption d'énergie lumineuse. **BECQUEREL** constata que la seule chose constante dans toutes ces expériences était la présence de l'uranium indépendamment de la composition chimique.

BECQUEREL constata que les rayons uraniques déchargeaient les corps électrisés par l'intermédiaire des ions qu'ils produisaient dans l'air ambiant. Puisque "la méthode électrique pouvait fournir des valeurs numériques", Henri chercha à quantifier l'énergie émise. Il transforma son électroscope à feuilles d'or en un instrument de mesures reproductibles (fig. 3). Dès lors il disposait d'une méthode de mesure précise qui sera à l'origine de son succès et de ceux des **CURIE**.

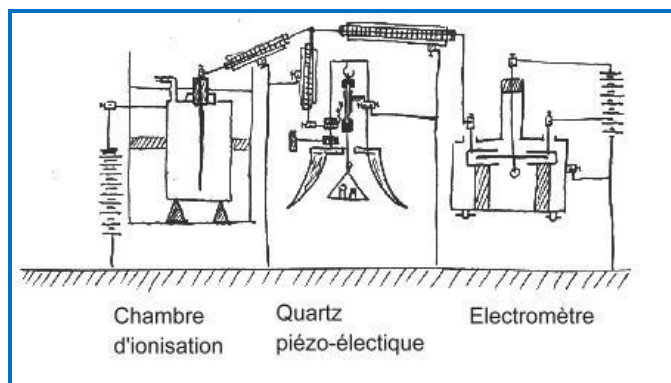


Fig. 3 – Dispositif de mesure de BECQUEREL

Il montra ainsi, par des expériences entre -20° et $+100^{\circ}$, faites en 1897 et ultérieurement (**1901**) dans l'air liquide, que l'émission ne variait pas avec la température, qu'elle n'était pas modifiée par une exposition de l'uranium aux rayons X et n'était pas communiquée à des substances exposées aux "rayons uraniques".

Ces rayons uraniques étaient bien différents des rayons X et moins fascinants que ces derniers, car ils ne donnaient pas d'image du squelette, aussi abandonna-t-il leur étude pendant quelque temps.

V. LA TENACITE DE PIERRE ET MARIE CURIE

Le nom des **CURIE** s'inscrit au premier plan dans l'histoire de la radioactivité. Deux générations l'ont marqué d'un sceau indélébile : ce furent d'abord **Pierre CURIE** (1859-1906) et sa femme Marie, née **SKLODOWSKA**, (1867-1934), ensuite leur fille Irène (1897-1956) devenue en 1926 la femme de **Frédéric JOLIOT** (1900-1958).

Marie CURIE sera à l'origine d'une nouvelle avancée des connaissances dans ce domaine. Elle quitta sa ville natale de Varsovie pour finir ses études à la Sorbonne. Elle débarqua à Paris au début de **novembre 1891**. Après avoir obtenu l'équivalence de son baccalauréat polonais, Marie s'inscrivit à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris dans le but de préparer une licence en physique. Au début de l'**été 1893**, elle sera reçue première à la licence ès sciences physiques. En **juillet 1894**, elle décrocha sa licence de mathématiques et entreprit, au début de cette même année, une étude des propriétés magnétiques des aciers trempés pour la *Société pour l'Encouragement de l'industrie nationale*, grâce à l'intervention d'un de ses professeurs, **Gabriel LIPPMAN**. Souhaitant rencontrer un spécialiste en cette science, elle fit la connaissance d'un physicien de valeur qui étudiait le magnétisme à l'Ecole de physique et chimie. C'est ainsi qu'un soir de **printemps 1894**, elle fut présentée à **Pierre CURIE** qu'elle épousa le **26 juillet 1895**. Dès l'**automne 1897**, après la naissance de leur fille Irène (12 septembre), Marie désira poursuivre ses études en soutenant une thèse de doctorat ès sciences. Elle choisira comme thème l'**étude des rayons uraniques** dont elle avait eu connaissance. Son approche sera différente de celle de **BECQUEREL**.

Au lieu d'utiliser la méthode photographique, elle institua une **méthode électrique quantitative**, utilisant une propriété découverte par **BECQUEREL**, à savoir l'**action de ces rayons sur la conductibilité de l'air**. Son appareillage développé par Pierre et son frère Jacques était constitué d'une chambre d'ionisation, d'un quartz piézo-électrique et d'un électromètre. (voir fig. 4).

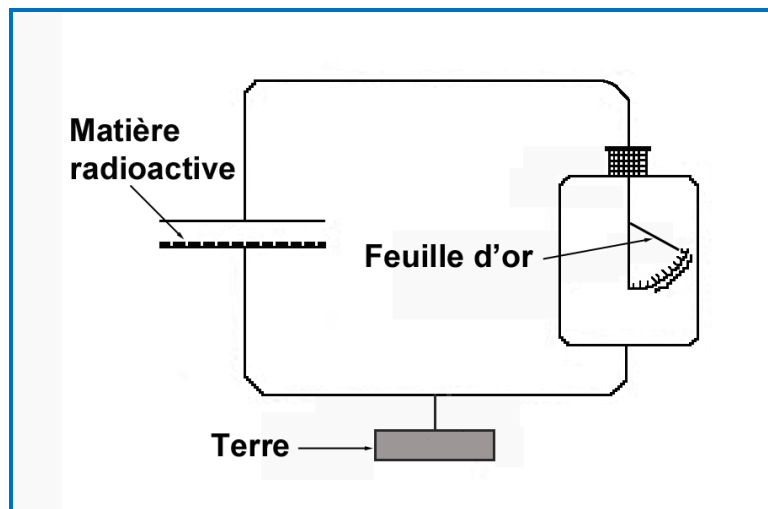


Fig. 4 - Electromètre

En effet, **Pierre CURIE** avait découvert, en **1880**, la **piézo-électricité** et en avait imaginé l'application à la mesure de très faibles quantités d'électricité.

La piézo-électricité est cette faculté que possède un cristal - de quartz par exemple - de produire des charges électriques à sa surface, lorsqu'il est mécaniquement déformé. Le phénomène inverse est également valable, c'est-à-dire que le cristal soumis à une tension électrique se déforme.

Revenons à Marie. Elle examinera un grand nombre de métaux, de sels d'oxydes et de minéraux du Musée d'Histoire Naturelle, afin de voir si d'autres éléments que l'uranium étaient susceptibles de produire ces fameux rayons ionisants. Elle découvrit que le **thorium** présentait cette caractéristique, en mettant en évidence, indépendamment de **G. SMIDT**, à Berlin, son activité. Le pouvoir pénétrant de ses rayons était plus important que celui des rayons uraniques. **Marie CURIE** introduisit le terme de **radioactivité** pour désigner cette propriété atomique de certains éléments lourds d'émettre spontanément un rayonnement. Elle constata, en **avril 1898**, que **l'intensité du rayonnement était proportionnelle à la teneur en uranium ou en thorium du minerai**.

Elle découvrit ensuite que :

« Deux minéraux d'uranium, la pechblende (oxyde d'urane) et la chalcopite (phosphate de cuivre et d'uranyle), sont beaucoup plus actifs que l'uranium lui-même. Ce fait est très remarquable et porte à croire que ces minéraux peuvent contenir un élément beaucoup plus actif que l'uranium » (Comptes Rendus de l'Académie des Sciences du **12 avril 1898**).

Et de poursuivre :

« Certains minéraux contenant de l'uranium et du thorium (pechblende, chalcopite, uranite) sont très actifs au point de vue de l'émission des rayons de Becquerel. Dans un travail antérieur, l'un de nous a montré que leur activité est même plus grande que celle de l'uranium et du thorium et a émis l'opinion que cet effet était dû à quelque autre substance très active renfermée en petite quantité dans ces minéraux... » (Comptes Rendus du **18 juillet 1898**).

Son mari, Pierre, comprenant tout l'intérêt des ses recherches se joignit à elle, dès le **18 mars 1898**. Ils étaient installés dans un atelier vitré situé au rez-de-chaussée servant de magasin et de salle de machines, mis à leur disposition par le directeur de l'Ecole de physique. Tous deux se mettront à la recherche de cet élément mystérieux. **A partir de pechblende deux fois plus active que l'uranium, ils obtiendront par séparation**, fondée sur la radioactivité, une substance dont l'activité est 400 fois plus grande. Ils annonceront leur découverte le **18 juillet 1898** et appelleront ce nouvel élément **polonium** en l'honneur de la patrie de Marie.

« ...Nous croyons que la substance que nous avons retirée de la pechblende contient un métal non encore signalé, voisin du bismuth par ses propriétés analytiques. Si l'existence de ce nouveau métal se confirme, nous proposons de l'appeler polonium, du nom du pays d'origine de l'un de nous ».

Ils reprendront leur travail en novembre et découvrirent que la pechblende comportait un **deuxième élément radioactif** en très faible quantité, différent du polonium, dont les propriétés chimiques étaient proches de celles du baryum. Ils parviendront finalement, avec l'aide de **Gustave BEMONT**, chef des travaux de chimie à l'Ecole, à la séparer progressivement par une **succession de cristallisations fractionnées** conduisant à des chlorures de plus en plus actifs. Le **19 décembre 1898**, **Pierre et Marie CURIE** obtiendront une **substance 900 fois plus active que l'uranium**, à laquelle ils donneront le nom de **radium**.

« ...Les diverses raisons que nous venons d'énumérer nous portent à croire que la nouvelle substance radioactive renferme un élément nouveau, auquel nous proposons de donner le nom de RADIUM. La nouvelle substance radioactive renferme certainement une très grande proportion de baryum : malgré cela la radioactivité est considérable. La radioactivité du radium doit donc être énorme. » (Comptes Rendus de la séance du 26 décembre 1898).

Afin d'étudier les différentes caractéristiques du radium, dont la masse atomique, il leur faut de grandes quantités de minerai : 2,8 tonnes d'uranium ne contiennent qu'un gramme de radium ! La pechblende provenait des mines de St. Joachimsthal en Bohême, faisant à l'époque partie de l'empire austro-hongrois. Grâce à l'intervention du professeur **Eduard SUESS**, correspondant à l'Institut et membre de l'Académie des sciences de Vienne, ils obtiendront, dans un premier temps, gracieusement de l'Etat une tonne de résidus.

Le travail s'avéra épuisant car exécuté dans des conditions précaires et artisanales.

« C'était une baraque en planches, au sol bitumé et au toit vitré, protégeant incomplètement contre la pluie, dépourvue de tout aménagement [...]. Dans ce laboratoire de fortune [...] j'ai été amené à traiter jusqu'à vingt kilogrammes de matière à la fois, ce qui avait pour effet de remplir le hangar de grands vases pleins de précipités et de liquides; c'était un travail exténuant que de transporter les récipients, de transvaser les liquides et de remuer pendant des heures, au moyen d'une tige de fer, la matière en ébullition dans une bassine en fonte ».

Il est à remarquer, que nos deux savants ignoraient tout des dangers des rayonnements et qu'aucune précaution particulière n'était prise !

A partir de l'**été 1899**, **Pierre CURIE** fera appel à la *Société centrale de produits chimiques*, avec laquelle il était en relation pour la fabrication de ses instruments de mesure, où se fera le gros des traitements préliminaires des résidus. Ils recevront également l'aide d'**André DEBIERNE**, ancien élève de l'Ecole et préparateur au laboratoire de chimie-physique de la Sorbonne, et ils bénéficieront aussi de la collaboration de **Frédéric HAUDEPIN**, chimiste à *Société centrale*.

« Le travail sur la radioactivité commença dans la solitude. Mais, devant l'ampleur de la tâche, l'utilité d'une collaboration s'imposait de plus en plus. Déjà, en 1898, un des chefs de travaux de l'Ecole, G. BEMONT, nous avait apporté une aide passagère. Vers 1900, Pierre CURIE entra en relations avec un jeune chimiste, André DEBIERNE, préparateur chez le professeur FRIEDEL qui le tenait en haute estime. Sur la proposition de Pierre CURIE, André DEBIERNE accepta volontiers de s'occuper de travaux sur la radioactivité. Il entreprit, en particulier, la recherche d'un radio-élément nouveau dont l'existence était soupçonnée dans le groupe du fer et des terres rares. Il fit la découverte de cet élément, nommé actinium. »
(Marie CURIE).

Le **10 décembre 1903**, le prix Nobel de physique fut attribué à **BECQUEREL** pour « la découverte de la radioactivité spontanée », et au couple **CURIE** « en reconnaissance des services extraordinaires qu'ils ont rendus par leur travail commun sur les phénomènes de rayonnement découverts par le professeur Henri **BECQUEREL** ».

VI. LA RADIOACTIVITÉ DEVIENT UNE PRÉOCCUPATION GÉNÉRALE

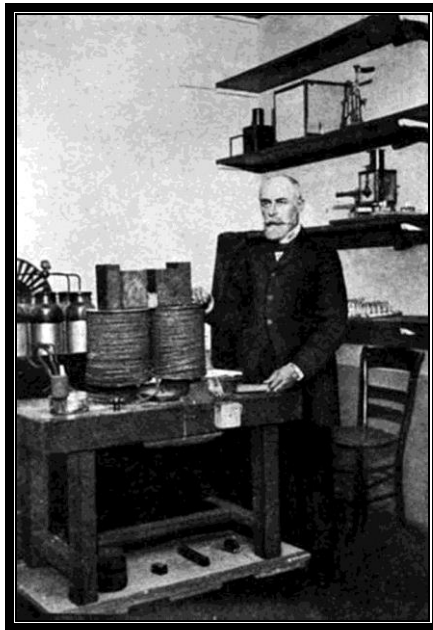
Dès **1900**, la radioactivité conquiert l'étranger. Les **CURIE** sont en relation avec d'éminents chercheurs comme l'Anglais **Sir William CROOKES**, les professeurs **Suess** et **BOLTZMANN** à Vienne, et bien d'autres. Dans les années qui suivent, de nouveaux radioéléments seront découverts. Très rapidement, plusieurs groupes de chercheurs (**HOFMANN** et **STRAUSS**, **Pierre et Marie CURIE**, **GIESEL**, etc.) avaient remarqué que le **plomb extrait de la pechblende était fortement radioactif**. Il fut établi qu'il s'agissait du **radium D** dont les propriétés chimiques étaient identiques à celles du plomb.

En **1905**, **Hahn**, en Allemagne, extraira le **radiothorium** d'un minéral rare de Ceylan, riche en thorium, la thorianite. Il détectera, en **1907**, le **mésorthorium I** dans les sels commerciaux de thorium, dont les caractéristiques sont analogues à celles du radium, mais de durée de vie plus courte.

L'**ionium** sera découvert dans la carnotite par **Boltwood**, en **1907**. **Soddy** et **Cranston**, en Angleterre, et simultanément, **Hahn** et **Lise Meitner**, en Allemagne, révéleront, en **1918**, le **protactinium** dans la pechblende.



Wilhelm ROENTGEN



Henri Becquerel dans son labo



Marie Curie, née SKŁODOWSKA