

## Grandes étapes de la connaissance des rayons X

**Référence :** Extrait de « Histoire de la Physique Médicale – Club Histoire SFRP IRSN 15/10/2012

**1779**



Le terme de « physique médicale » fut utilisé pour la première fois en 1779 dans les publications de la Société Royale de Médecine par le Secrétaire Général permanent de la Société, Félix Vicq d'Azir (1748-1794). Cette institution, composée à la fois de médecins et de scientifiques non médecins, avait fait paraître entre 1779 et 1798 une revue intitulée « les Mémoires de Médecine et de Physique Médicale ». Toutefois ce n'est qu'après la découverte des rayons X en 1895, de la radioactivité en 1896 et du développement extrêmement rapide de leurs applications en médecine, que cette terminologie s'est imposée progressivement.

### 1895- 1898 Les grandes découvertes

Découverte des Rayons X (8 nov. 1895) par Wilhelm Conrad Röntgen 1er Prix Nobel de Physique en 1901.



#### ***Circonstances :***

■ Etude des rayons cathodiques découverts par Johann Wilhelm HITTORF en 1869

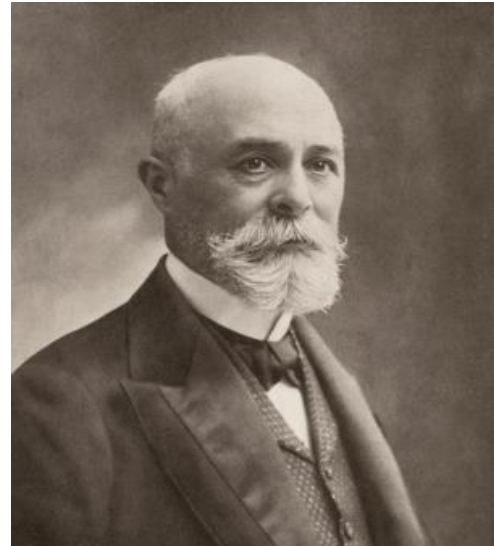
■ Observation d'un rayonnement inconnu provoquant la luminescence d'un écran de platino-cyanure de baryum et impressionnant des plaques photographiques qu'il appelle « rayons X »

## Découverte de la radioactivité naturelle : 1896

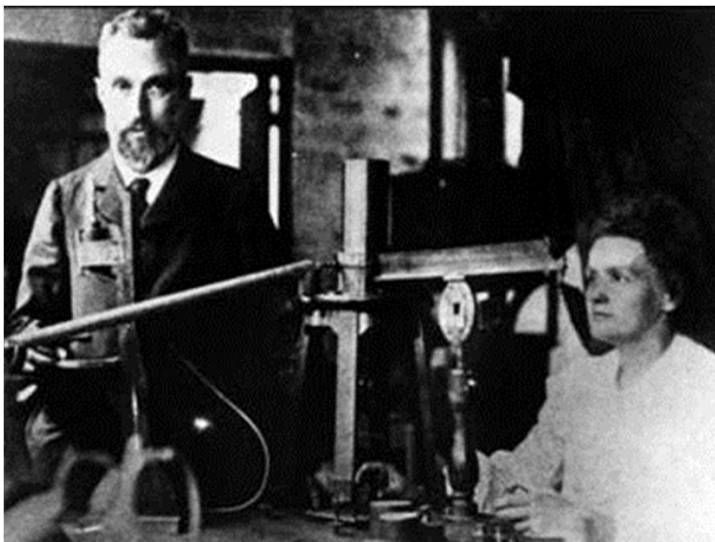
Henri Becquerel, physicien français, Prix Nobel de physique en 1903, radiations invisibles émises par l'uranium.

Découverte par la mise en évidence de l'impression de plaques Photographiques par des sels d'uranium recouverts d'un carton noir.

Ce rayonnement est historiquement baptisé « rayonnement uranique » ou « rayon U » puis radioactivité.



## Découverte du polonium et du radium : 1898



Marie et Pierre Curie, Prix Nobel de physique en 1903 ont isolé les isotopes radioactifs produisant le rayonnement émis par ces substances (travaux sur l'Uranium et sur la Pechblende)

## 1898 - 1920 Ère des tâtonnements

### Les premières applications médicales au radiodiagnostic dès 1895

La première application des rayons X à la médecine est celle de la radioscopie et de la radiologie. Dr Otto Walkhoff réalise la 1ère radiographie dentaire. T.

Barthélémy et P. Oudin présentent les premières radiographies à l'Académie des Sciences le 20/01/1896.

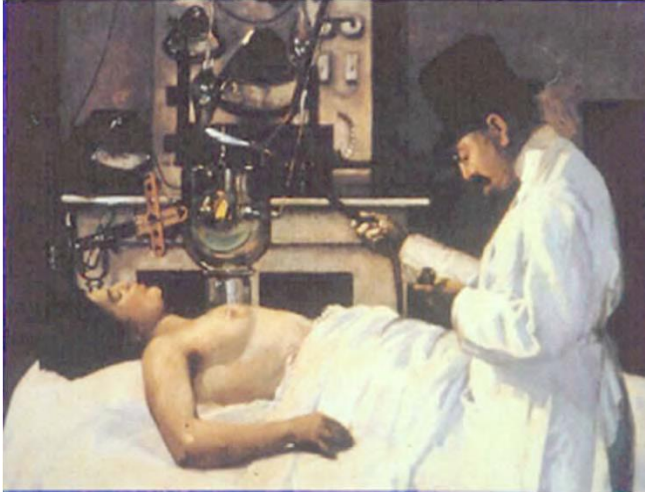


Antoine Béclère installe à ses frais en 1897 un appareil de radioscopie, dont le générateur de haute tension qui est actionné à la main !

**Les premiers traitements par RX :**  
**1er traitement par radiothérapie en**  
**juillet 1896 à Lyon, traitement d'une**  
**tumeur à l'estomac par le Docteur**  
**Victor Despeignes**



E. Grubbé et son cabinet (« Medical Record »-1902)



**Irradiation d'un sein par le Dr. Chicot (peinte par lui-même en 1905)**

### **Les débuts de la curiethérapie (suite à la découverte du Radium - 1898)**

- 1901 Premières Publications : H.Danlos France, R.Abbé US et Fricke UK
- 1903 Margaret Cleaves (N.Y.) publie la première expérience de curiethérapie gynécologique au radium.
- 1904 Pierre Curie suggère d'utiliser le radon
- 1906 Fondation du premier «Laboratoire du Radium» à Paris
- 1907 Paul Desgrais et Louis Wickham (Paris) - *Traitement Angiome tubéreux par Radium*

### **De l'empirisme vers la démarche scientifique**

Le développement simultané de ces diverses applications de traitement et la rapide prise de conscience des dommages que peuvent provoquer les rayons X ou les rayons du radium vont rapidement impliquer la nécessité d'avoir des rayonnements thérapeutiques « sélectifs, ciblés et bien dosés »

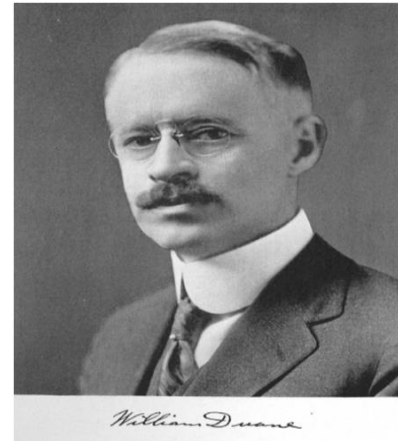
- Apparition, dans les années 1920, des premiers physiciens spécialisés dans les applications médicales des rayonnements ionisants.



**Sidney RUSS**  
CBE BSc DSc FInstP

U.K. : Le premier physicien nommé dans un hôpital est Sidney Russ en 1913 au Middlesex Hospital de Londres.

U.S.A.: William Duane en 1917 (Memorial Hospital-New York) nommé « Professor of Biophysics».



## Débuts de la dosimétrie

1897: essai de Calorimétrie (F.Dorn)

1902: le Chromoradiomètre (G. Holtzknecht)

1905: la méthode photographique (Kienböck) (film sur la peau du patient) (film proposé comme référence en radioprotection en 1902 par W.Rollins)

1908: technique de fluorescence: H.Guillemot mesures d'ionisation (chambre) (P.Curie- 1898, P.Villard-1908, Makower W. et Geiger H-1912, I.Solomon-1926,...)

## **Première étape de la caractérisation des rayonnements: définition d'une unité de dose : de la S.E.D au Gy**

- skin erythema dose (SED) : A unit of radioactive dose resulting from exposure to electromagnetic radiation, equal to the dose that slightly reddens or browns the skin of 80 % of all persons within 3 weeks after exposure.
- roentgen (R) unité discutée lors du 1er Congrès International de Radiologie en 1925 et acceptée en 1928, étendue aux rayons  $\gamma$  en 1934 puis mise en œuvre en 1937.
- rad (« Radiation Absorbed Dose ») unité proposée en 1918, qui était définie comme « la quantité de rayons X qui, étant absorbée, peut causer la destruction des cellules en question », redéfinie en 1953 (100 ergs/g) puis en 1970 (0,01 J/kg).
- gray (Gy) défini en 1975 remplaça le rad en 1986 (1 Gy =100 rads).

## **Dosage du Radium - Marie Curie (Tubes de 10 et 20 mg, Aiguilles de 1, 2 et 5 mg)**

### **Les prémices des recommandations en Radioprotection**

1ères recommandations, données par Fuchs W. (1865-1907) :

- make the exposure as short as possible*
- do not stand within 12 inches of the X-ray tube*
- coat the skin with Vaseline and leave an extra layer on the area most exposed.*

Protection des malades et du personnel évoquée en 1913(Allemagne) et en 1915 (Angleterre)

Création de l'ICRU (Commission Internationale pour les unités de rayonnement et leur mesure) lors du Congrès International de Radiologie en 1925 (Londres).

Création de l'ICRP (Commission Internationale de Protection Radiologique) en 1928 (Congrès International de Radiologie-Stockholm).

## 1920 - 1950 Ere du pragmatisme

### Premières isodoses mesurées

- 1921-Dessauer and Vierhaller : courbes « iso-intensité » (films).
- 1923-Coliez R, 1924-Holfelder et al, ( CI ).
- 1929-Mayneord: courbes isodoses / eau (130 -180 kV)– CI.
- 1931 -Mayneord : isodoses (aiguille Radium)-CI.
- 1945 -Kemp : explorateur de fantôme (petite CI +moniteur) avec traceur automatique.

### Découverte de la radioactivité artificielle : 1934



Frédéric et Irène  
Joliot-Curie  
Prix Nobel de chimie  
en 1935

- Apparition de nouveaux radioéléments pour la curiethérapie
- 1948 Aiguilles de Cobalt 60- W.G.Myers (US)
- 1953-1954 Grains d'Or 198 U.K.Henschke et al (US) B.Pierquin, J.Dutreix
- 1957 : Fils d'Iridium 192 -Ch.Fisher, B.Pierquin
- 1953-1960 : Développement des projecteurs de source or-198 et plus tard Iridium-192- UK Henschke, NY, B Pierquin, D Chassagne, Paris
- 1960: Iode 125 utilisé aux USA en curiethérapie interstitielle

## **Débuts de la Médecine Nucléaire**

1913 : Radium injecté par voie IV.

A partir des années 1930 :

- découverte de la radioactivité artificielle(1934),
- développement cyclotrons et radioisotopes artificiels (Technetium-99m et Iode-131 en 1938-E.Segré,...).

□essor Imagerie Médicale avec radio traceurs.

1957 : caméra à scintillations d'Anger.

Fin années 1950 : TEP.

(1ers concepts : D.Kuhl et R.Edwards et 1ers appareils TEP années 1970).

## **Histoire des radionucléides**

1934 Radioéléments artificiels Joliot-Curie

1938 Production de  $^{131}\text{I}$  Fermi et col.

1942 Réacteur nucléaire Fermi et col.

1946 Radionucléides disponibles commercialement Harwell

1962 Utilisation du  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  en médecine nucléaire Harper

1970s  $^{18\text{F}}$ -FDG pour l'imagerie TEP Ido & Wolfe

## **Histoire de la thérapie en Médecine Nucléaire**

1936 Usage thérapeutique du  $^{24}\text{Na}$  (leucémie) Hamilton et col.

1936 Usage thérapeutique du  $^{32}\text{P}$  (leucémie et polyglobulie) Lawrence.

1941 Usage thérapeutique du  $^{131}\text{I}$  (hyperthyroïdie) Hertz et col.

1942 Usage thérapeutique du  $^{131}\text{I}$  (traitement des métastases (du cancer thyroïdien) Hertz et col.

1945 Usage thérapeutique du  $^{198}\text{Au}$  (épanchement pleural malin) Muller.

1958 Traitement des métastases osseuses au  $^{32}\text{P}$  Maxfield.



## **Histoire de l'instrumentation en Médecine Nucléaire**

- 1927 Compteur Geiger Geiger.
- 1944 Détecteur à scintillations (ZnS + PM) Curran.
- 1948 Cristal NaI Hofstadter.
- 1950 Scintigraphe Cassen
- 1957 Caméras à scintillations Anger.
- 1953 Tomographie Kuhl.
- 1961 TEP Robertson.

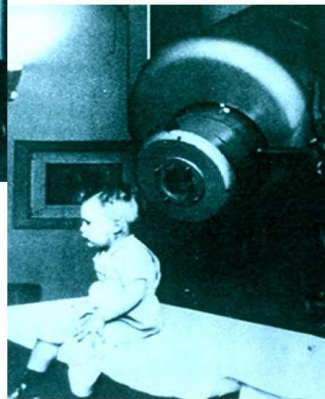
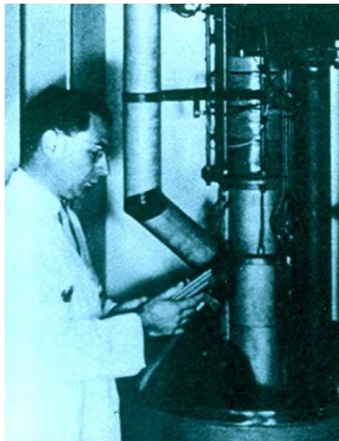
## **Vers les hautes énergies de RX**

- 1929 : générateur électrostatique de R. J. Van de Graaff. Premier patient traité en 1937
- 1931 : premier cyclotron (E. O. Lawrence : prix Nobel de Physique 1939) 80 keV protons sous 2000 volts -  $\square = 12$  cm
- 1940 : premier bêatron (Donald Kerst)(*1ère utilisation clinique en 1942 : K. Gund*)
- 1953 : Premier bêatron en France (24 MV) –Institut Gustave Roussy

## **Le télécobalt 60.**

- 1951 : Premier appareil de télécobalt - Saskatoon Cancer Clinic, Canada.
- 1951-1953 : appareil de cobalt-60 de 1000 curies de charge active (Houston) G.H.Fletcher- L.G.Grimmet.
- Années 1960 : appareil de télécobalt avec rotation de la machine autour du malade.

## Les accélérateurs linéaires (les précurseurs)



1955: Dr Henry S. Kaplan (Université de Stanford) fut le promoteur de l'utilisation des accélérateurs linéaires en radiothérapie. En Janvier 1956, il réalisa le premier traitement avec un faisceau de RX de 6 MV pour un rétinoblastome de l'enfant.

1953: Mullard (Philips) 4 MV *double.gantry linac.* –Newcastle Hospital.

## 1950 - 1990 Ere de la rigueur scientifique

### Débuts de la spécialité « Physique Médicale » en France

1953: première radiophysicienne en France :  
Madame Andrée Dutreix



*Dans les années 1950, création d'un nombre important de postes de spécialistes scientifiques dans les hôpitaux en Angleterre, Etats-Unis, Suède, Canada. En France, difficultés de recrutement de physiciens pour l'hôpital.*

En 1963 : 3 radiophysiciens (A.Dutreix-J.Bloquel-J.Chavaudra)

Fin des années 1960, premiers physiciens recrutés et formés suite à la demande plus importante de la part des médecins.

En 1968 : 1ère réunion de radiophysiciens à Villejuif (14 p.).

### **Les nouvelles bases de la radiothérapie (1953-1954)**

Contention rigoureuse du malade

Localisation et délimitation de la tumeur en « 3 dimensions » à partir de plusieurs coupes du conformateur (et quelques tomographies)

Introduction du concept de volume cible

Calcul de la distribution de dose individuellement pour chaque malade

Calcul de la dose au centre du volume cible (au lieu de la dose à la peau)

### **Dans les années 60 : les premiers ordinateurs et les premiers calculs d'isodoses en radiothérapie (1960s)**

### **Dans les années 70 : Développement et utilisation des accélérateurs linéaires en radiothérapie**

### **Dans les années 1960-1980 : Développement des appareils d'imagerie en Médecine Nucléaire**

Le scintigraphe

La caméra à scintillations

- Planaire
- Tomographique
- 2 détecteurs

## Le scanner (1972)



G.N.Hounsfield



A.M.Cormack

Premier prototype de Tomodensitomètre (TDM) (1972)  
Prix Nobel de médecine (1979)

## Formation du « physicien médical » en France (*quelques dates clés*)

En 1970 : Création du D.E.A de Physique Atomique , option Physique Radiologique (Pr D.Blanc-Mme A.Dutreix).



En 1995 : Création du DQPRM avec l'INSTN (initiée à l'INSTN par J.Chavaudra et la SFPH)

En 2007 : Concours d'accès au DQPRM suite à la création de nouveaux Masters en Physique Médicale.

## **1990 - 2010 Ere des innovations technologiques et de la précision dans la réalisation des traitements en radiothérapie – Développement de nouvelles techniques d'imagerie (CT, TEP, imagerie numérique...)**

### **1990-2010 (1) : Période des développements technologiques et informatiques (radiothérapie assistée par ordinateur)**

Imagerie multimodalités en radiothérapie (scanner, IRM, TEP) :

□ *amélioration définition volumes.*

Accélérateurs avec CML.

Accélérateurs dédiés (*TomoTherapy*) ou robotisés (*Cyberknife*),...

Techniques innovantes (IMRT, stéréotaxie, IGRT, gating, RT adaptative, IMBT,..).

Protonthérapie, ions lourds.

### **Accélérateurs dédiés (TomoTherapy) ou robotisés (Cyberknife)**

### **1990-2010 (2) : Période des développements technologiques et informatiques**

Développement des algorithmes de calcul de dose □ calcul en 3D.

Equipements de contrôle des traitements (imagerie portale, CBCT, *Record and Verify*,..) = *position patient*.

Développement et standardisation des méthodes dosimétriques.

**1990-2010 (3) : Période des développements technologiques et informatiques**  
**Contrôles associés pour la qualité et la sécurité des traitements**

**EQUIPEMENT :**

- CQ interne et externe (*décisions du 02/03/2004 et 27/07/2007*).

**TRAITEMENT :**

- Évaluation du plan de traitement (balistique, dosimétrie, HDV, doses OAR...).

**MESURES NATIONALES POUR LA RADIOTHERAPIE (nov.2007).**

- dosimétrie in vivo.
- double signature médecin-physicien (dossier technique).
- calcul UM par méthode indépendante.

**1990-2010 (4) : Période des développements technologiques et informatiques**

Développement de l'imagerie en coupe : place croissante de l'imagerie en radiothérapie

En médecine nucléaire : TEP-TDM et TEMP-TDM

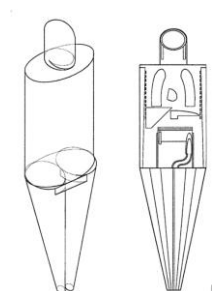
En radiologie : scanners dédiés

**1990-2010 (5) : Période des développements technologiques et informatiques**

Développement des méthodes de Monte Carlo et des fantômes numériques

En médecine nucléaire

**Les années 1970**



## Les années 2000

