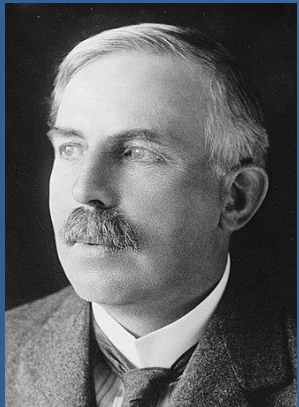


De Marie Curie à Lise Meitner, 40 ans de découvertes sur le noyau atomique



40 années pendant lesquelles tout a profondément changé

- La vision du monde microscopique
- Les concepts théoriques mais aussi les moyens expérimentaux qui ont permis d'explorer la structure de la matière
- La façon de faire de la science avec la naissance d'une communauté transnationale

- Les acteurs: physiciens et chimistes qui se sont attachés à résoudre des énigmes, les unes après les autres, avec méthode.
- Essentiellement des hommes mais aussi quelques femmes qu'il est facile de mettre en avant tellement elles ont été exceptionnelles.

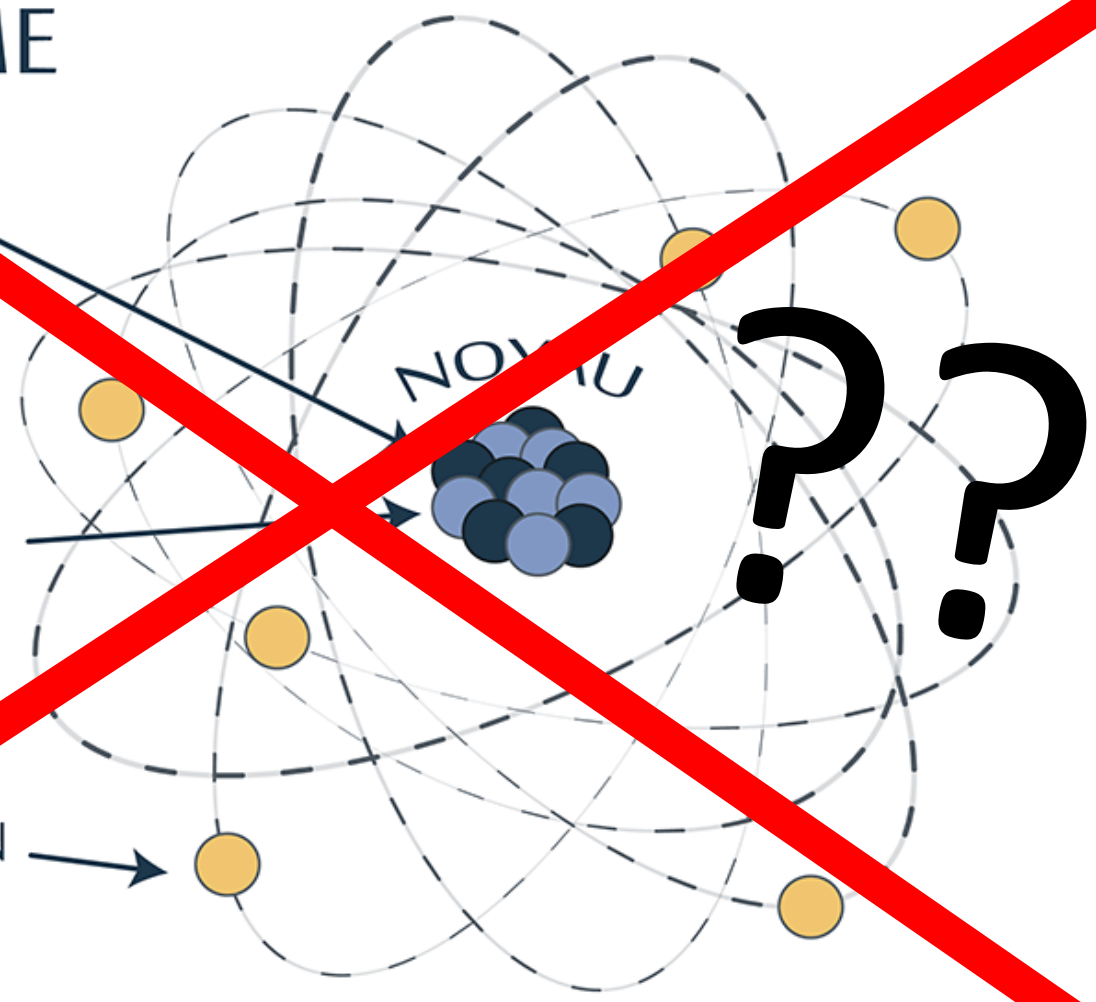
1900

L'ATOME

PROTON
(positive)

NEUTRON
(neutre)

ÉLECTRON
(négative)



1900

Tableau périodique des éléments chimiques (Mendeleïev - 1869)

1 H Hydrogen																	2 He Helium																														
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon																														
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium											13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon																														
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton																														
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon																														
55 Cs Cesium	56 Ba Barium	57 La Lanthanum	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon																														
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Uut Ununtrium	114 Fl Flerovium	115 Uup Ununpentium	116 Lv Livermorium	117 Uus Ununseptium	118 Uuo Ununoctium																														
<table border="1"> <tr> <td>57 La Lanthanum</td> <td>58 Ce Cerium</td> <td>59 Pr Praseodymium</td> <td>60 Nd Neodymium</td> <td>61 Pm Promethium</td> <td>62 Sm Samarium</td> <td>63 Eu Europium</td> <td>64 Gd Gadolinium</td> <td>65 Tb Terbium</td> <td>66 Dy Dysprosium</td> <td>67 Ho Holmium</td> <td>68 Er Erbium</td> <td>69 Tm Thulium</td> <td>70 Yb Ytterbium</td> <td>71 Lu Lutetium</td> </tr> <tr> <td>89 Ac Actinium</td> <td>90 Th Thorium</td> <td>91 Pa Protactinium</td> <td>92 U Uranium</td> <td>93 Np Neptunium</td> <td>94 Pu Plutonium</td> <td>95 Am Americium</td> <td>96 Cm Curium</td> <td>97 Bk Berkelium</td> <td>98 Cf Californium</td> <td>99 Es Einsteinium</td> <td>100 Fm Fermium</td> <td>101 Md Mendelevium</td> <td>102 No Nobelium</td> <td>103 Lr Lawrencium</td> </tr> </table>																		57 La Lanthanum	58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium	89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium
57 La Lanthanum	58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium																																	
89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium																																	

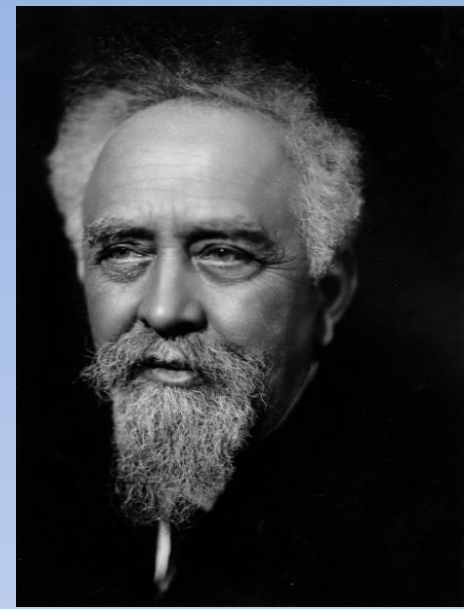
- Alkali metal
- Transition metal
- Actinide
- Metalloid
- Diatomic nonmetal
- Alkaline earth metal
- Lanthanide
- Post-transition metal
- Polyatomic nonmetal
- Noble gas

Du plus léger, H, au plus lourd connu : U (92^{ème})... C est le 6^{ème}, O le 8^{ème} ..

→ *Jean Perrin (1901)*: conférence célèbre pour défendre « l'hypothèse atomique »

→ L'élément de base serait l'atome d'Hydrogène, l'atome de Carbone pèserait 12 fois plus, l'atome d'Oxygène 16 fois etc... ..

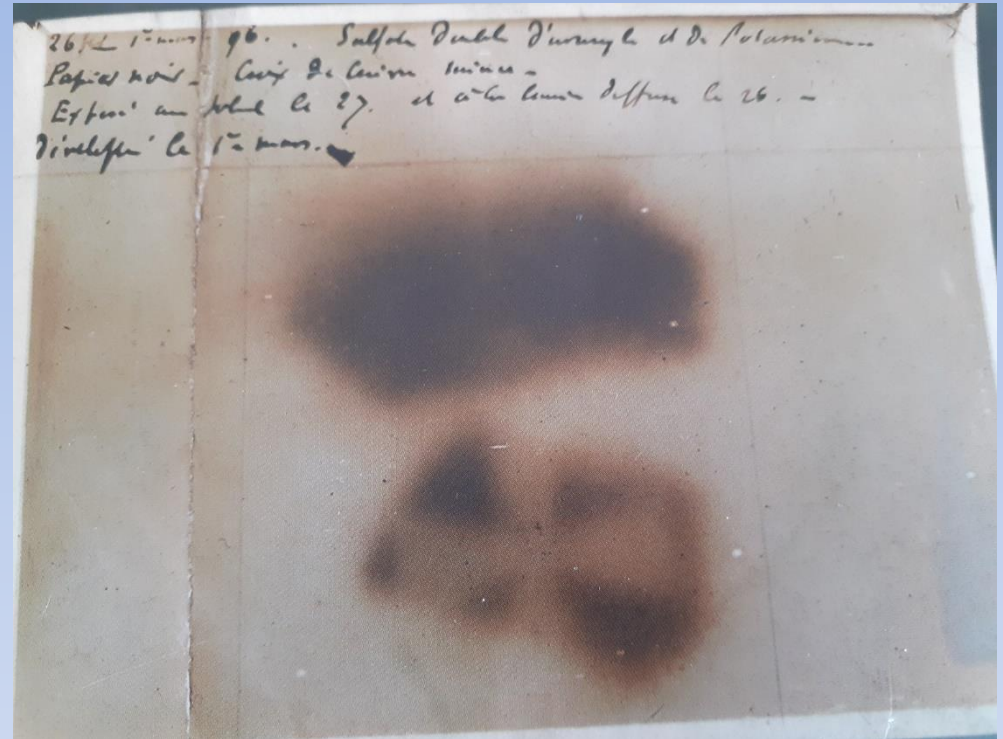
« Remplacer du visible compliqué par de l'invisible simple »



*« Invisible » à la différence des naturalistes ou des astronomes les physiciens atomistes **ne voient pas les objets** dont ils essayent par hypothèses, expériences et déductions de comprendre la structure profonde, avec également l'idée que cette structure doit être **la plus simple possible**.*

→ Or c'est une complète surprise qui vient du cœur de l'atome : la découverte de la **radioactivité** qui va permettre d'avancer et qui va donner aux physiciens des outils pour sonder la structure de la matière.

Henri Becquerel et les « rayons uraniques » février-mars 1896



Fils et petit-fils de physicien, académicien à 37 ans, professeur à l'Ecole Polytechnique, expérimentateur reconnu et chevronné.

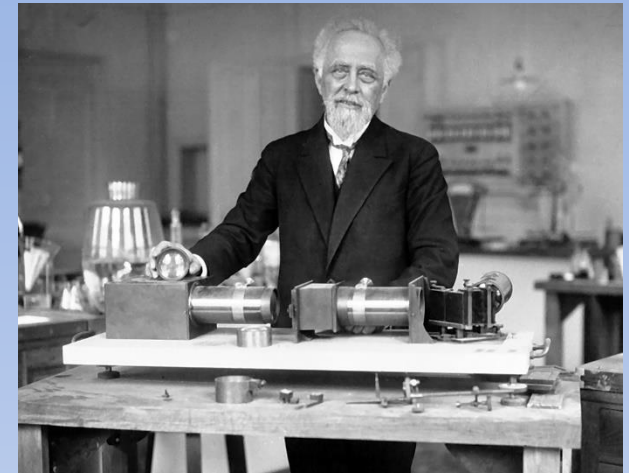
Fin 1895 – Wilhelm Röntgen découvre les « Rayons X »



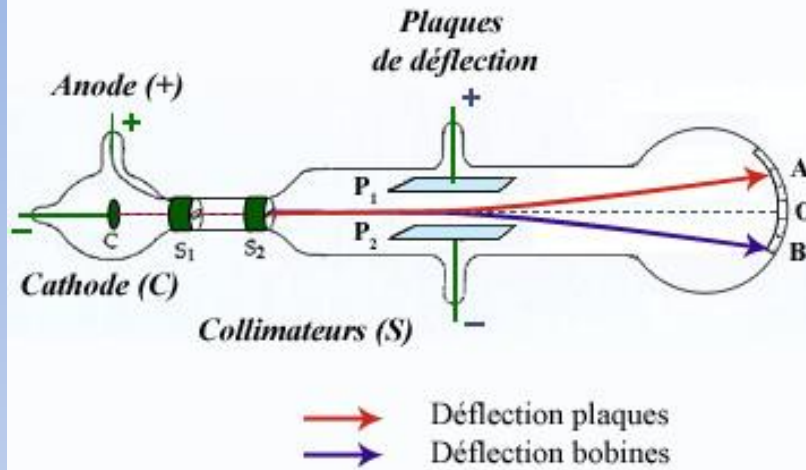
Main de Madame Röntgen après 10 minutes d'exposition

Tube cathodique

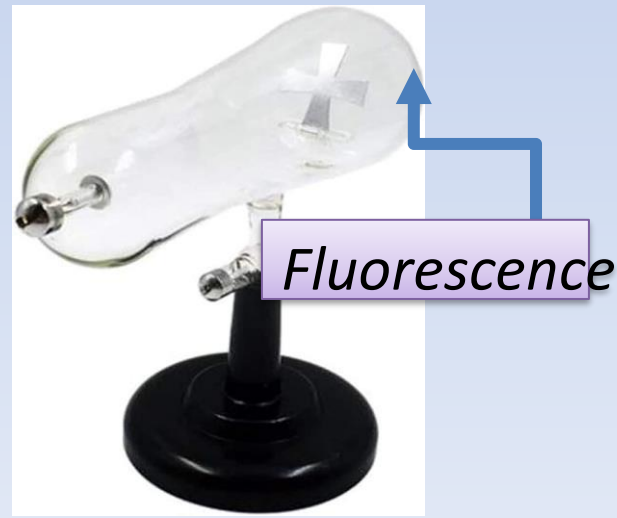
J.J. Thomson



Jean Perrin

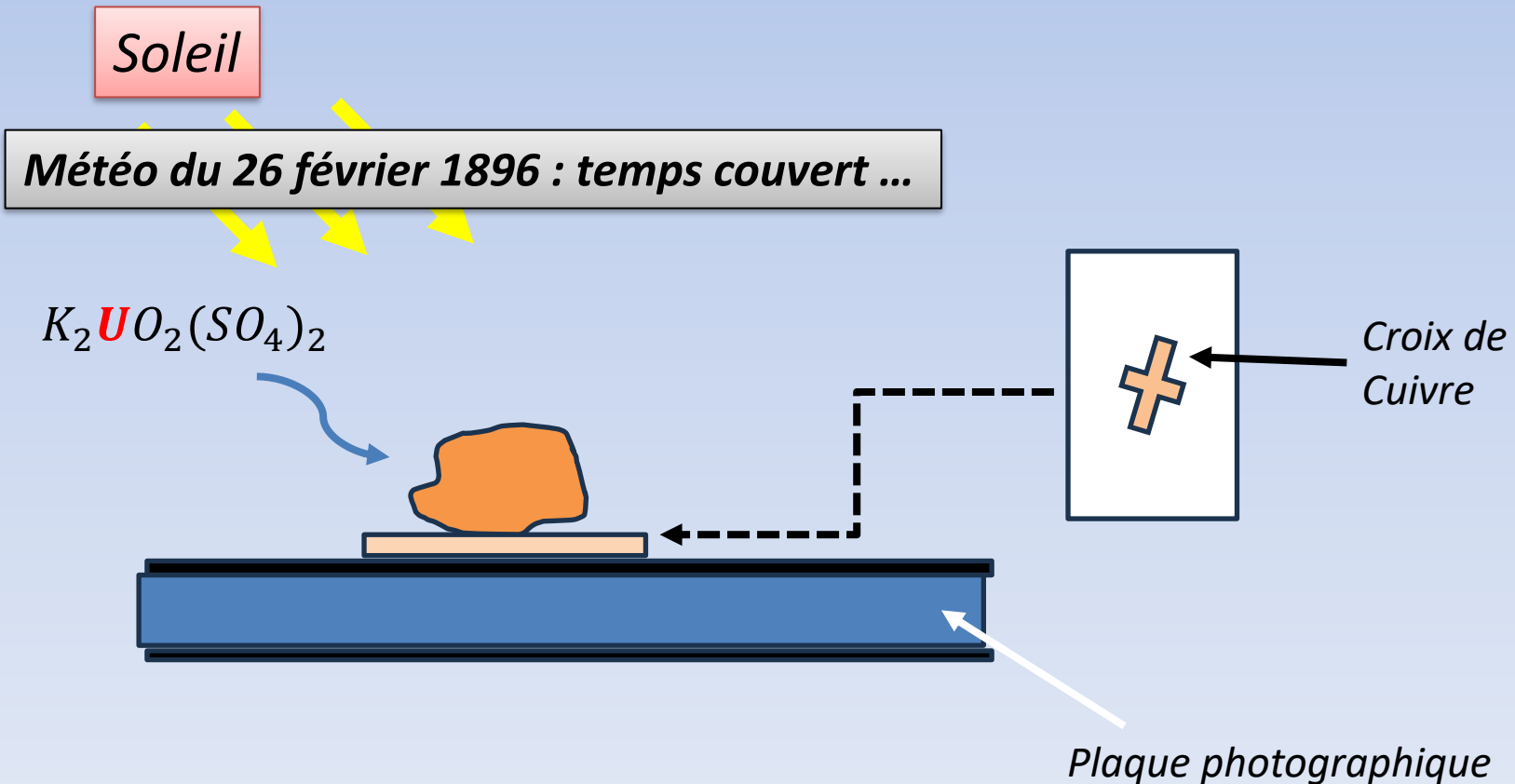


- Les « rayons cathodiques » sont des électrons
- Les Rayons X sont des ondes électromagnétiques de très courte longueur d'onde



→ Becquerel étudie les phénomènes de **luminescence**: substances éclairées par la lumière qui **restituent** un rayonnement lumineux (fluorescence ou phosphorescence)

→ Des corps fortement phosphorescents ne pourraient-ils pas émettre des Rayons X en plus de la lumière visible ?



26/1^{er} mars 96. . Sulfate Double d'uranyle et de Potassium
Papier noir - Cour de lumière blanche -
Exposé au soleil le 27. et à la lumière diffuse le 26. -
Révélation le 1^{er} mars.

1^{er} mars 1896

Une énergie émise spontanément ????

- *Recommence l'expérience dans le noir complet ...*
- *Recommence de nombreuses fois...*
- *Publication : Découverte des «Rayons Uraniques »*

→ *Une découverte « par hasard » ? ... pas vraiment !*

→ Une découverte qui passe (presque) inaperçue

1896 : plus de 1000 articles sur les Rayons X, une douzaine sur les « Rayons uraniques »

→ *Qui va s'y intéresser ? Pierre et Marie Curie ...*

Pierre & Marie Curie : du Polonium au Radium

Marie Sklodowska-Curie (1867-1934)

→ Arrive à Paris à 24 ans, Sorbonne,
Licences de Physique et de Maths
(1894) Agrégation 1896.

*800 étudiants à la Sorbonne,
30 filles dont 7 étrangères*

Pierre Curie (1859-1906)

→ Physicien reconnu (magnétisme..)

Mariage en 1895 Irène nait en 1896

→ PC propose travail de thèse sur « Rayons uraniques »

→ Première femme en France à entreprendre une thèse,
soutenue en 1903



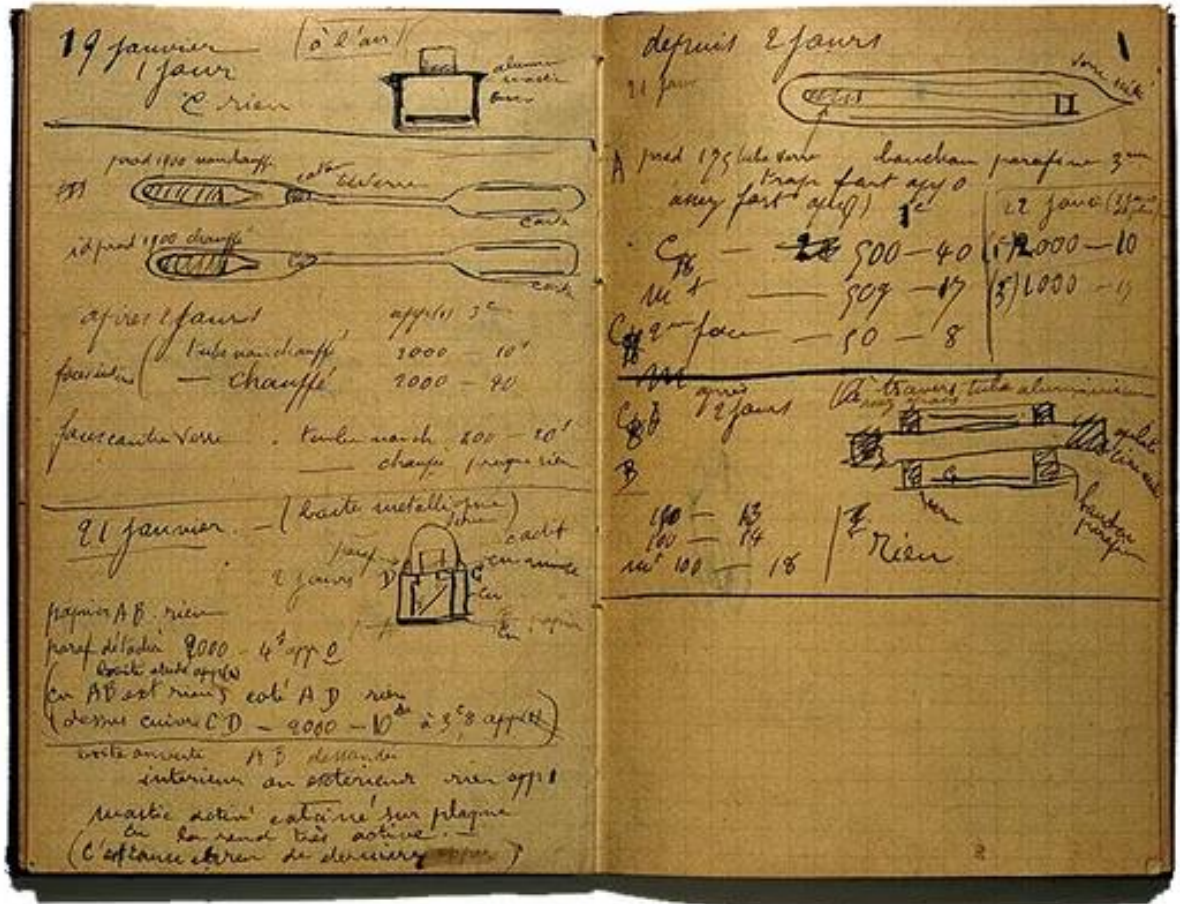
- MC (re)découvre l'activité radiante du Thorium
- P & MC soupçonnent la présence d'autres éléments actifs dans le minerai d'Uranium (*pechblende*)
- Nouvel élément chimique (Z=84) 400 fois plus actif que l'U baptisé **Polonium**

- Inventent les termes « radioactif » et « radioactivité » ,
- inventent la « radiochimie »

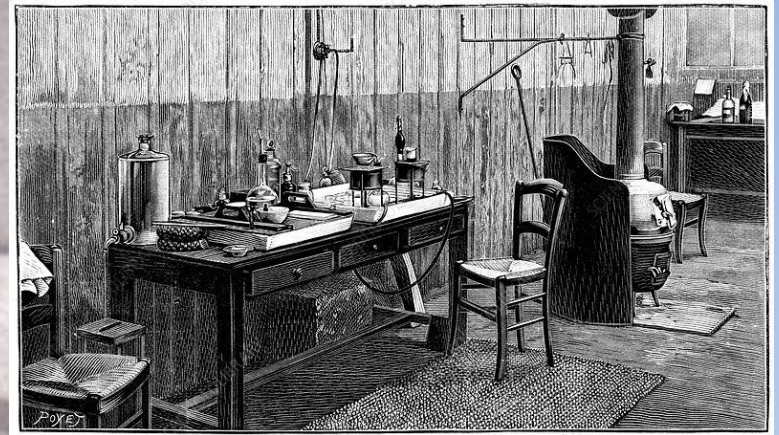
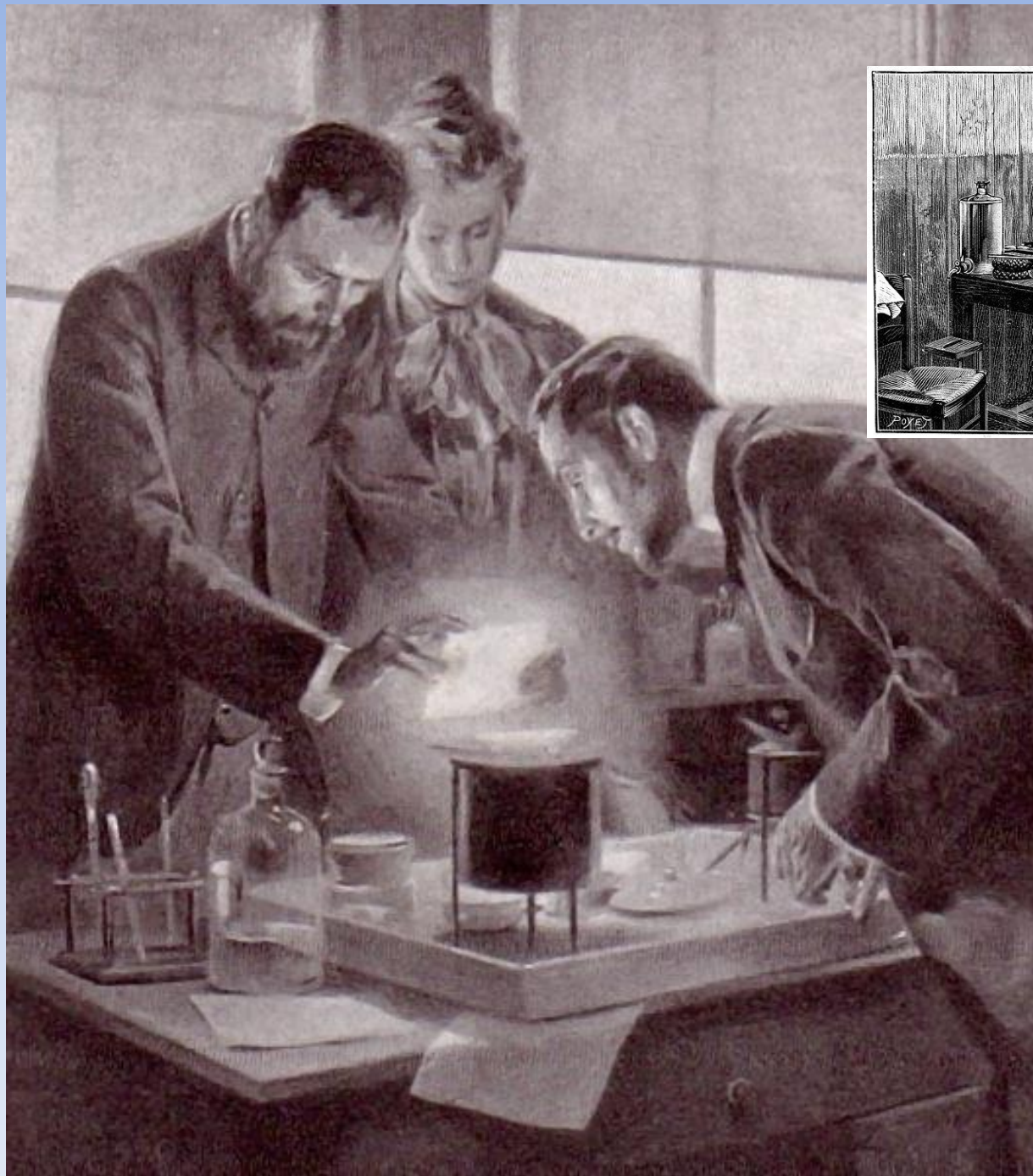
- (1898) après un « travail de romain » sur 2 tonnes de minerai d'U, ils isolent un élément encore plus radioactif : le **Radium** (Z=88)

(Durée de vie de 1600 ans, activité par gramme de « 1 Curie » = 37 milliards de Bq)

Manipulations sans aucune précaution ...



Carnets de laboratoire, radioactifs gardés en sécurité dans les archives du Muséum d'Histoire Naturelle



*Dessin
d'André Castaigne*

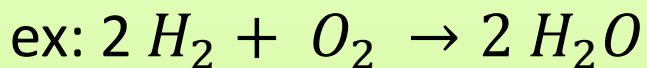
→ **Prix Nobel de Physique** P&M Curie, partagé avec H. Becquerel en 1903 pour leurs travaux sur la radioactivité
Pierre Curie a dû insister auprès du comité Nobel pour que Marie partage le prix avec lui...Seul Pierre Curie fera un discours...

→ Marie Curie ne sera jamais reçue à l'Académie des Sciences
...candidature rejetée en 1911...

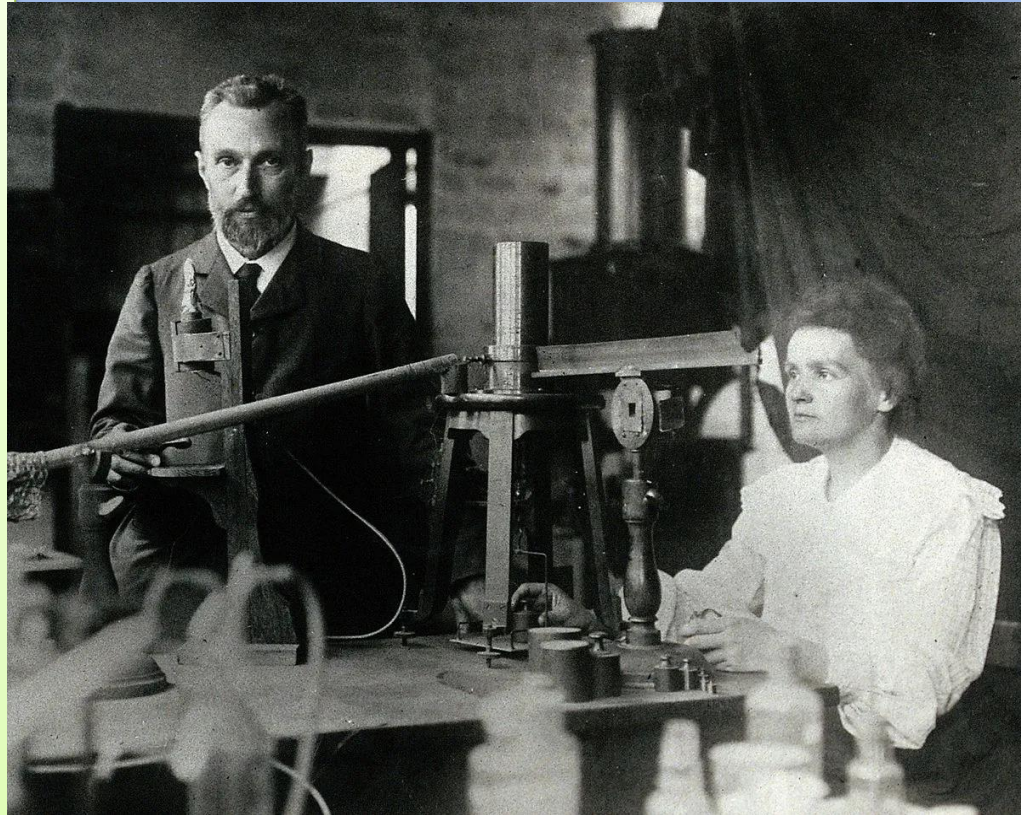
→ Marie Curie **Prix Nobel de chimie** en 1911 pour la découverte du Radium
Pierre Curie décédé en 1906 dans un accident de la voirie

P & M Curie sont les premiers:

- A remarquer que la radioactivité est un phénomène atomique
- A s'étonner que se produisent des **transmutations*** successives entre éléments chimiques, ce qui est totalement imprévu alors que les réactions chimiques laissent les atomes invariables

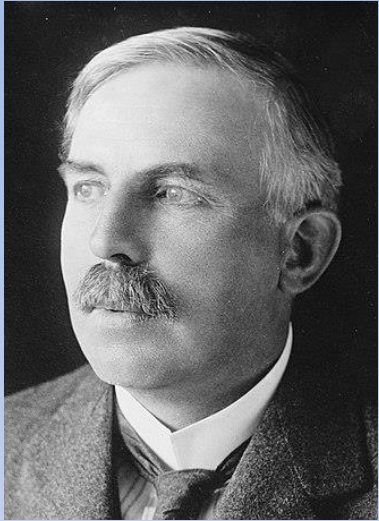


**Notion très difficile à accepter...*



→ A se demander « d'où vient cette énergie inépuisable ? », produite en continu ! Energie qui est spontanée et ne vient pas d'une excitation extérieure. Energie >> énergie de combustion chimique (10 g Ra chaque heure ⇔ combustion de 1 L d'Hydrogène)

Radioactivités α , β , γ ; Structure des atomes (1898 – 1913)



Ernest Rutherford
(1871-1937)

Nouvelle Zélande =>
Canada => Cavendish Lab
=> Manchester

→ Expérimentateur hors pair, il va former de nombreux jeunes physiciens

- (1898) Il montre qu'il y a deux sortes de rayonnements : un, peu pénétrant qu'il nomme α , l'autre plus pénétrant qu'il nomme β
- Jean Perrin (1900) montre que les « rayons β » sont des électrons
- Paul Villard (1900) détecte les « rayons γ », du type des rayons X mais plus énergétiques
- Rutherford (1903) montre que les « rayons α » sont des « atomes d'Hélium chargés » → *Prix Nobel de Chimie en 1908*

→ Rutherford découvre la loi de « **décroissance radioactive** »: chaque élément a sa propre période radioactive, c'est un phénomène universel

Masqué pour U et Th:

En un an un milliardième de l'échantillon se désintègre,

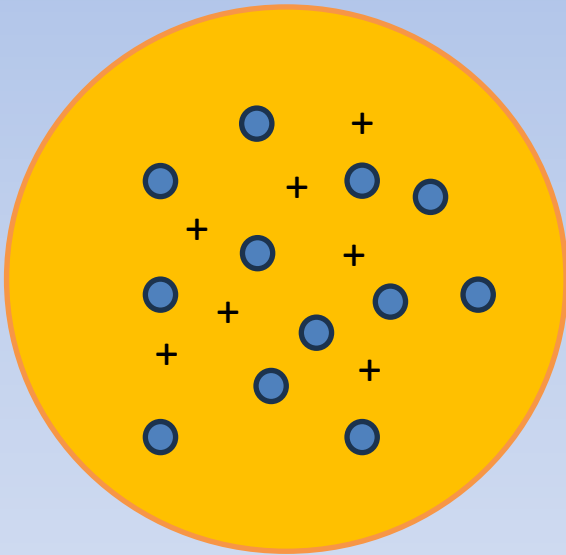
Pour le Ra c'est 0,04% en un an ($T = 1600$ ans).

Quelle est la structure des atomes ??

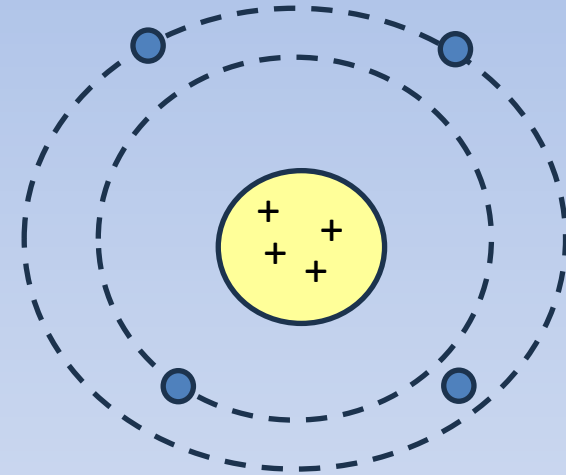
Les électrons sont dans l'atome ...

→ Rayons β = électrons qui sortent de l'atome ...

→ Modèle « Plum Pudding »
de J.J. Thomson :



→ Modèle planétaire de Jean Perrin

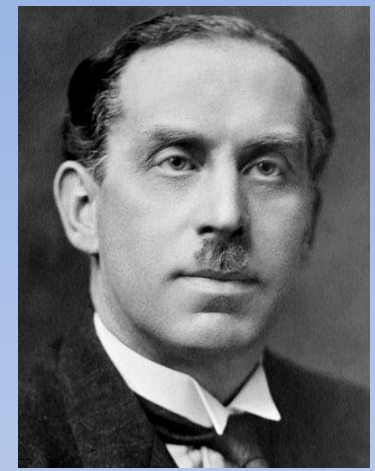


... se heurte à un problème fondamental ...

Mais quelle est la nature des charges positives ???

(1904-1911) **Charles Barkla** : grâce aux rayons X, il montre que le nombre Z d'électrons pour les éléments légers est égal à la moitié du « poids atomique » (rapport entre masse de l'atome et masse de l'atome d'Hydrogène) $Z=6$ pour C-12, $Z=8$ pour O-16 etc .. (l'Hydrogène a un seul électron).

Ce qui était un simple numéro d'ordre dans le tableau de Mendeleïev prend un sens physique !



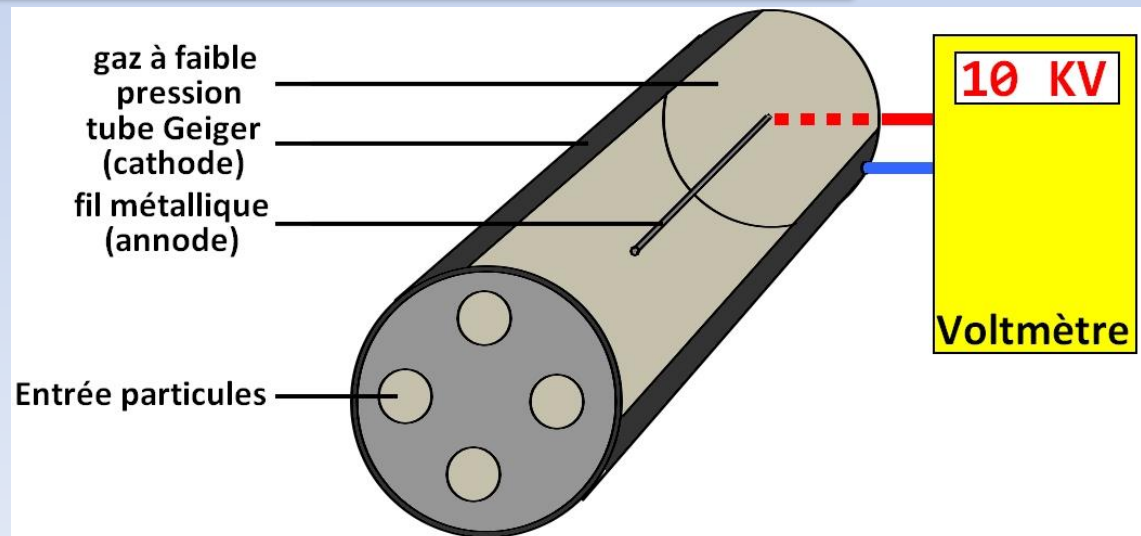
Charles Barkla

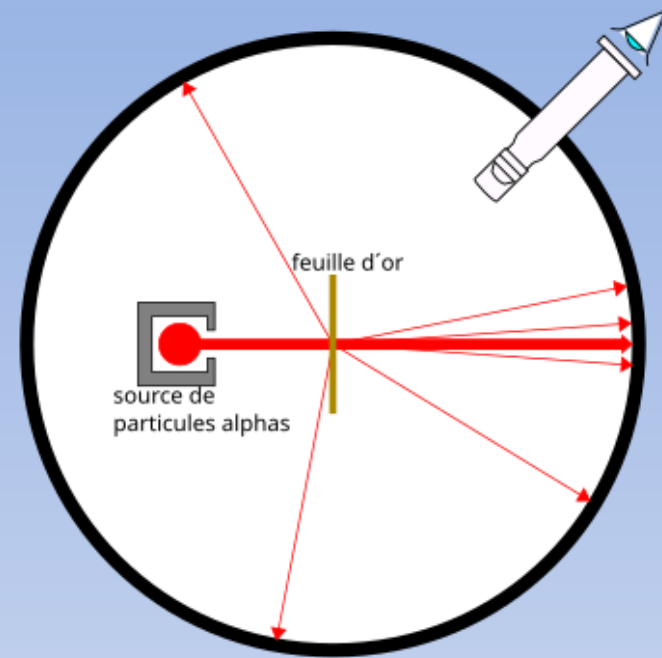
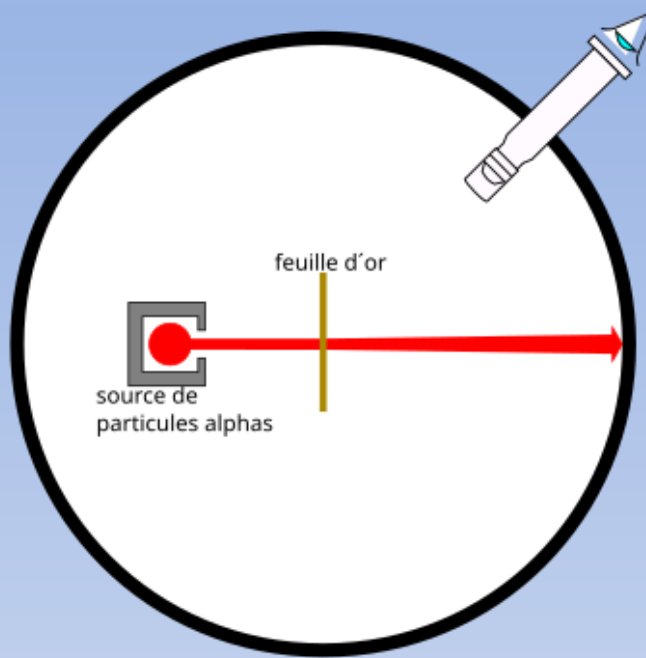
Prix Nobel 1917

Un important progrès expérimental chez Rutherford:
« Le compteur Geiger »



Hans Geiger





RESULTAT OBSERVÉ

(1911-1912) Rutherford bombarde des feuilles d'Or avec des particules α détectées ensuite grâce au compteur Geiger.

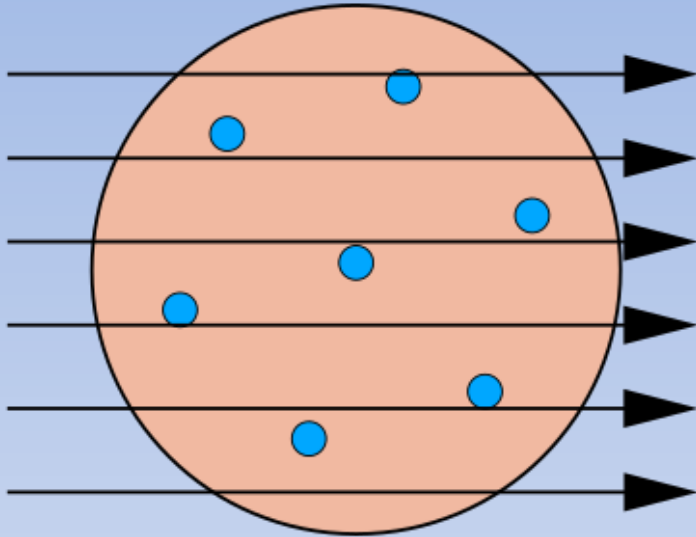
Très grande surprise !!

$$E_{\alpha} \sim 4 \text{ MeV} \Rightarrow V_{\alpha} \sim 15\,000 \text{ km / s}$$

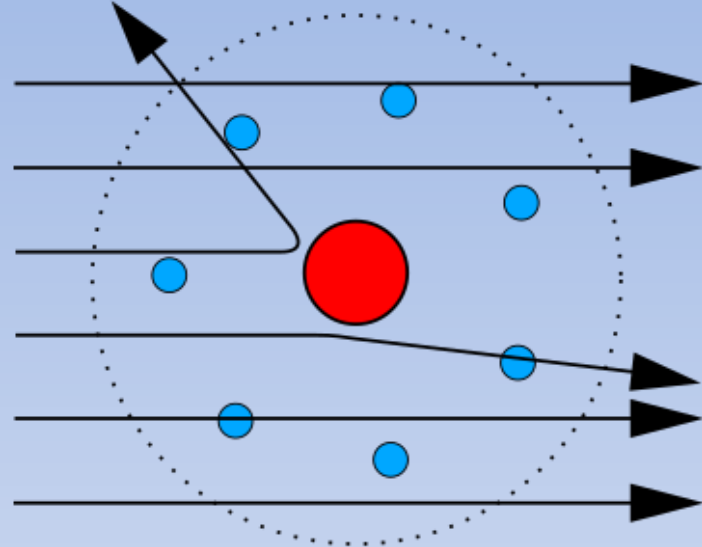
« C'était presque aussi incroyable que si vous aviez tiré un obus de marine sur un morceau de papier de soie et qu'il était revenu vous frapper ! »

Interprétation:

MODÈLE THOMSON



MODÈLE RUTHERFORD



Rutherford introduit la notion de « **Noyau** »

→ Analyse des trajectoires permet d'estimer la **dimension du noyau**, elle est très petite:

un cent-millième de la taille des molécules ou des atomes

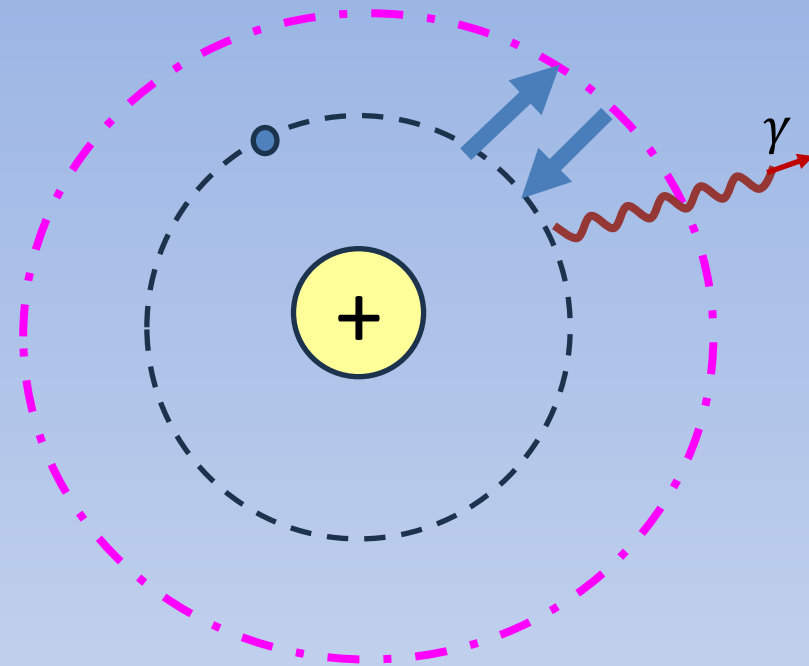
→ Grâce aux rayons X, **Moseley** mesure la charge électrique positive du noyau => le nombre de charges élémentaires (positives) est bien = Z le nombre d'électrons qui est aussi le numéro d'ordre dans le tableau de Mendeleïev.

Le modèle planétaire de Bohr (1913)



N. Bohr (1885-1962)

→ Brillant et original
jeune (28 ans)
théoricien danois



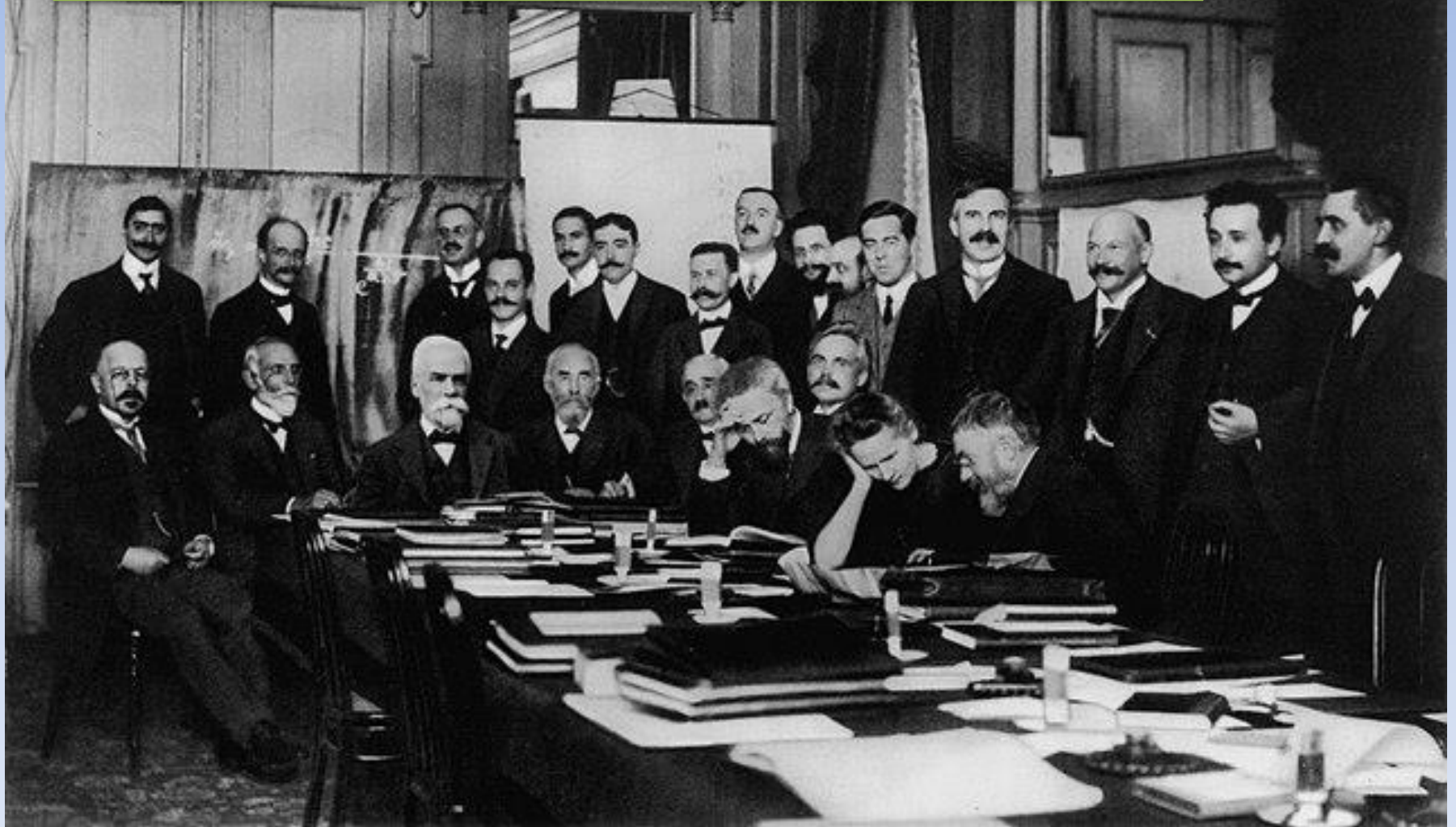
→ Prend à la lettre l'hypothèse des quanta de Planck (1900) et celle des photons d'Einstein (1905)

→ Modèle simple: calcul des niveaux d'énergie de l'atome d'Hydrogène

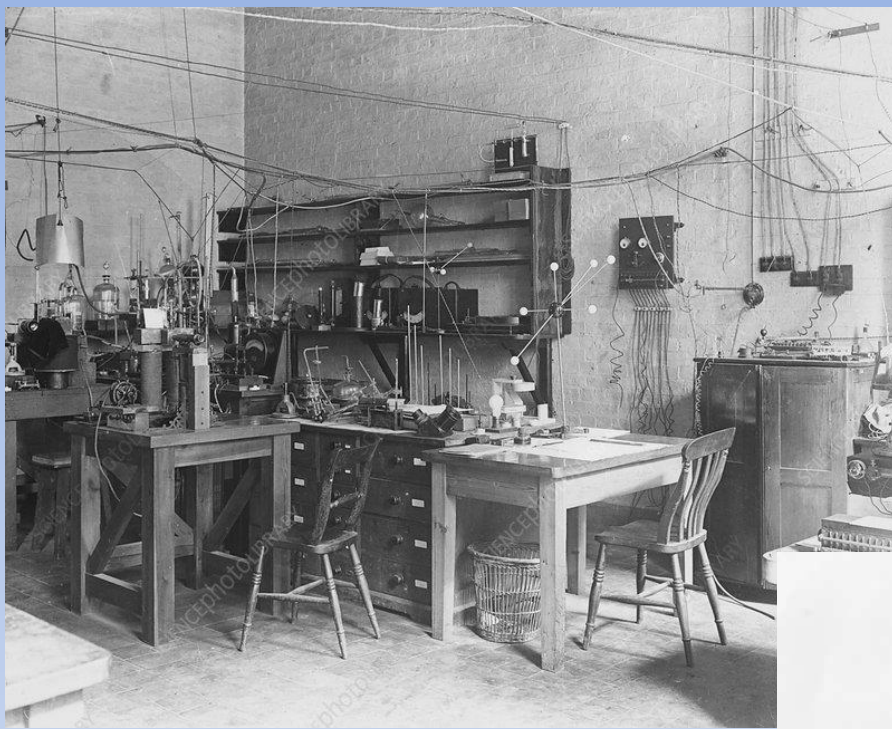
$$E_{ionisation} = + 13,6 \text{ eV} = \frac{1}{2} \alpha^2 m_e c^2 \text{ avec } \alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \sim \frac{1}{137}$$

→ Remarque que les émissions α et β ne peuvent venir que du noyau (trop énergétiques)

Naissance et développement d'une communauté transnationale de scientifiques:



Congrès Solvay 1911



→ De vrais laboratoires voient le jour (ex: Cavendish à Cambridge)

→ Institutions : Kaiser Wilhem Gesellschaft à Berlin (1912)

... la France plutôt en retard ...



→ Revues scientifiques jouent leur rôle (10 000 articles/an)

La parenthèse de la guerre de 14-18

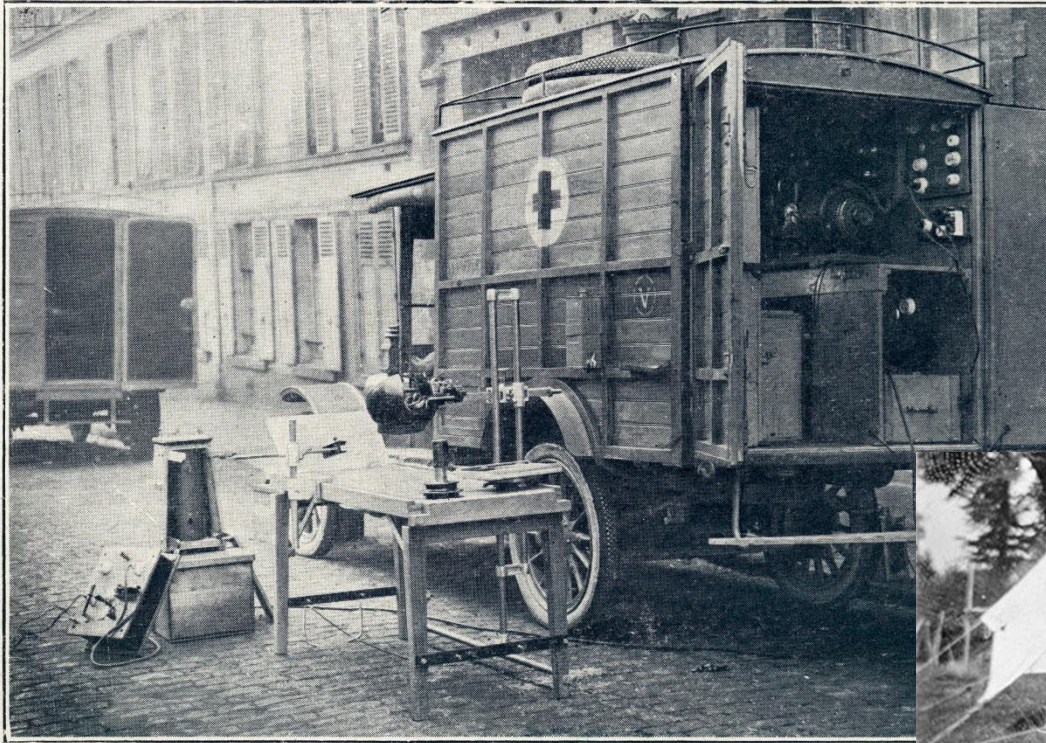


FIG. 8. — ÉQUIPAGE RADIOLOGIQUE

Pho

Les « petites Curie »



Irène Curie (17 ans)



Irène près de sa tente.

© Musée Curie (coll. ACJC)

.... Côté germanique : Lise Meitner ...

Des pertes douloureuses parmi les scientifiques

→ Moseley tué aux Dardanelles

→ Le quart des effectifs des normaliens français tué sur le front

→ Les relations entre physiciens des pays alliés et les Allemands reprennent au début des années 20' mais en gros jusqu'en 1923 les physiciens allemands seront pratiquement exclus des réunions internationales.

Les années '20: La révolution de la Mécanique Quantique



Congrès Solvay 1927

- La lumière (onde) est aussi une particule : le photon (Einstein 1905 – **Compton 1922**)
- Les électrons (particules) sont aussi des ondes (De Broglie 1923 – **Davisson-Germer 1927**)
- Probabilités (Born 1926) → **Désintégrations aléatoires des noyaux radioactifs**
- **La particule α sort du noyau par effet tunnel** (Gamow -1928)
- Mécanique Quantique + Relativité: Le positron e^+ , antiparticule de l'électron e^- (Dirac 1927 – **Anderson 1932**)
- Le Spin (Pauli 1924) et les statistiques de Bose-Einstein (1924) et de Fermi-Dirac (1926)

Quelle est la structure des atomes ?

*Deux et seulement deux objets « élémentaires » :
deux « fermions » de spin 1/2*

- L'électron qui est connu depuis 1895, très léger
- Le noyau d'hydrogène qui est le plus simple des noyaux, environ 2000 fois plus lourd que l'électron, nommé **proton** par Rutherford (1920)

*Tous les atomes sont ils construits avec des protons
et des électrons !!!???*

1927-1932

*De nouvelles particules sont
nécessaires !*

Le neutrino (Hypothétique)

Le neutron (postulé et découvert)

Lise Meitner (1878 1968)- et Otto Hahn (1879-1968)



*Lise Meitner, née à Vienne, famille juive, père avocat
Le lycée sera fermé aux filles (jusqu'en 1900, 1908 en
Allemagne). Université à 23 ans grâce à des cours
privés: Doctorat de **physique théorique** auprès de
Boltzmann en 1906*

*Elle part à ses frais à Berlin pour travailler avec Planck,
s'intéresse à la radioactivité. Travaille gratuitement
jusqu'à 1912, poste d'assistante à 34 ans au KWI*

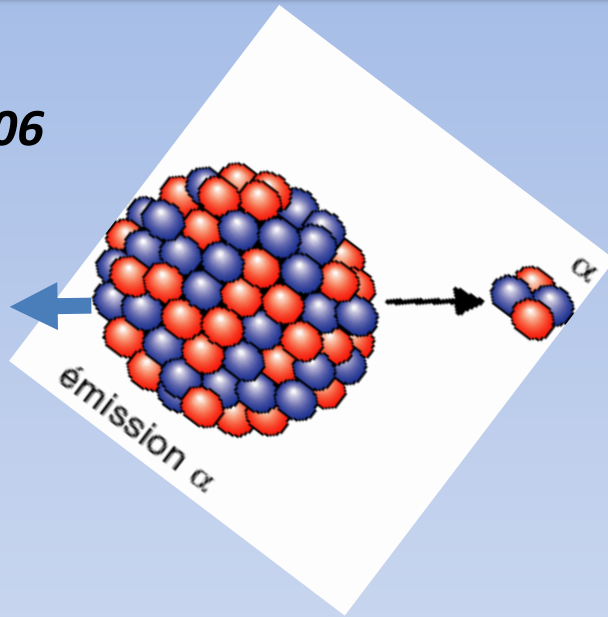
*Otto Hahn, thèse en **chimie** en 1901,
formé ensuite par Rutherford au Canada,
travaille sur le Radium*

Lise Meitner rencontre Otto Hahn en
1907 et ils démarrent une collaboration
légendaire qui durera 31 ans



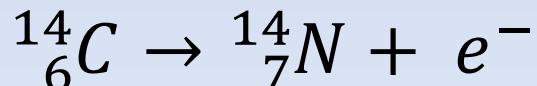
Le neutrino et l'énigme de la radioactivité β : *25 ans de surprises et de controverses*

1904-1906



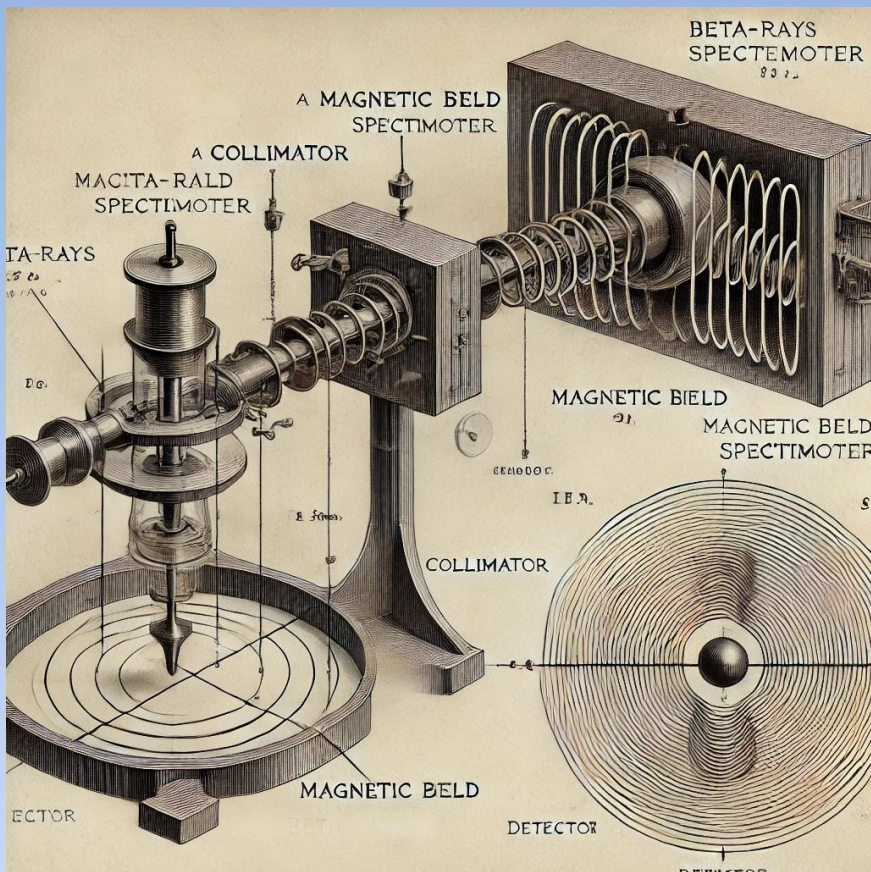
L'énergie (vitesse) de la
particule α est fixée pour
chaque réaction

Radioactivité β :



« Rayon β » = électron **énergétique**

Rutherford et O. Hahn : l'énergie de
l'électron *semble fixée*, pas de surprise...



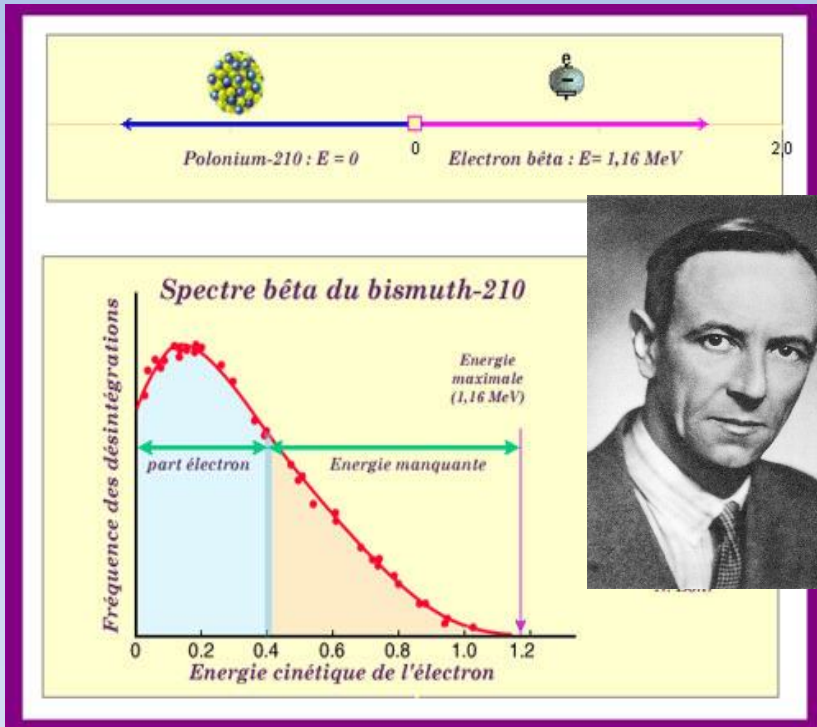
*Lise Meitner et Otto Hahn
construisent le premier
spectromètre pour rayons β où
les électrons sont déviés par un
champ magnétique*

1907-1910 : dans une même réaction , plusieurs « raies» β ??

➔ Il y aurait plusieurs émetteurs β au sein du matériau, lesquels ?

James Chadwick (1891 – 1974)

- Fils d'un ouvrier de Manchester
- Se trompe de jury ... études de physique en 1908
- Repéré par Rutherford comme un excellent expérimentateur

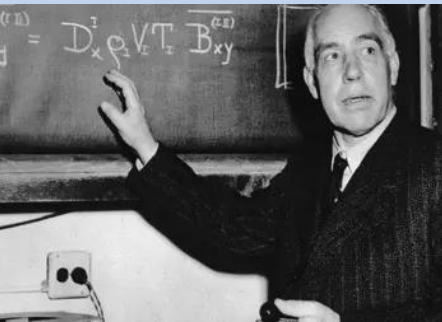


1914 : Le spectre énergétique des rayons β est continu !

- Bourse pour rejoindre Geiger à Berlin en 1914 Interné pendant 4 ans en Allemagne, monte un petit laboratoire de physique dans le camp !

- **1922 : Spectre continu ?** Hahn et Meitner pas convaincus: l'électron β perdrait son énergie par collision avec des électrons atomiques ?
- **1925** : Expérience décisive **Charles Ellis** à Cambridge confirme le spectre continu en mesurant l'énergie globale émise par les électrons β issus du Radium
- Hahn et Meitner reconnaissent qu'ils se sont trompés

Grande perplexité chez les physiciens !



N. Bohr

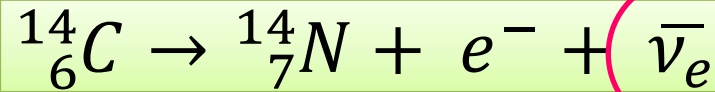
→ **1924** : Faut-il renoncer à la loi de la conservation de l'énergie au cas par cas: elle ne serait conservée qu'en moyenne ?

→ **Non !** Contredit par l'effet **Compton** (1922)
+ travaux de Geiger et **Bothe** (1925)

→ W. Pauli (1930)



« Chers Radioactifs ...Le problème du spectre beta continu est un problème épouvantable ; mieux vaut ne pas y penser comme aux nouveaux impôts ... »



Nouvelle particule neutre, de masse négligeable qui échappe à la détection : « neutron » ? → **Neutrino** (Fermi)

Pauli : « J'ai fait ce qu'un théoricien ne devrait jamais faire : j'ai tenté d'expliquer quelque chose que l'on ne peut pas comprendre par quelque chose que l'on ne peut pas observer ! »

→ Détecté en **1956** par Cowan et Reines (USA) auprès d'un réacteur nucléaire + neutrinos solaires (1968...)

La mise en évidence du neutron

Le noyau vers 1930

→ (1913) Des chimistes avaient compris que pour le même élément chimique on pouvait avoir des noyaux de masses différentes: **les isotopes**

→ (1922) Les masses des noyaux ne sont pas exactement des multiples de la masse de l'atome d'Hydrogène...

Rôle de « l'énergie de liaison » par $E = mc^2$ d'Einstein (1905)

→ **Problème:** Ex. le C-12 : nombre de charge 6, masse atomique 12 ??
12 protons dans le noyau ? Mais alors trop de charges (+) !!

*Idée : des électrons **dans le noyau** ?!*

Ex: Noyau de C-12 = 6 protons + **(6 protons + 6 électrons)**

=> 6 charges (+)

=> 12 Protons + 6 électrons pour la masse ~OK !!

→ Pour la partie « neutre » Rutherford (1921) propose que l'assemblage (*proton+électron*), serait une vraie particule : **le neutron**
La communauté pas convaincue...

Spin du noyau → Propriétés magnétiques du noyau (IRM)

→ **Problème** avec le « théorème spin-statistique » (1931)



Paul Ehrenfest

« Un assemblage d'un nombre **pair** de fermions de spin $\frac{1}{2}$ est un boson (spin entier : 0,1,2 ..) et un assemblage d'un nombre **impair** de fermions est un fermion (spin $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \dots$) »



R. Oppenheimer

Noyau Azote-14 : (N-14)

Hypothèse : 7 protons + 7 paires (proton-électron) = 21 fermions

Mais mesures → Spin entier = 1 !!

Irène et Frédéric Joliot-Curie

- F. préparateur de Marie Curie
- I. Education atypique
- Se marient en 1926



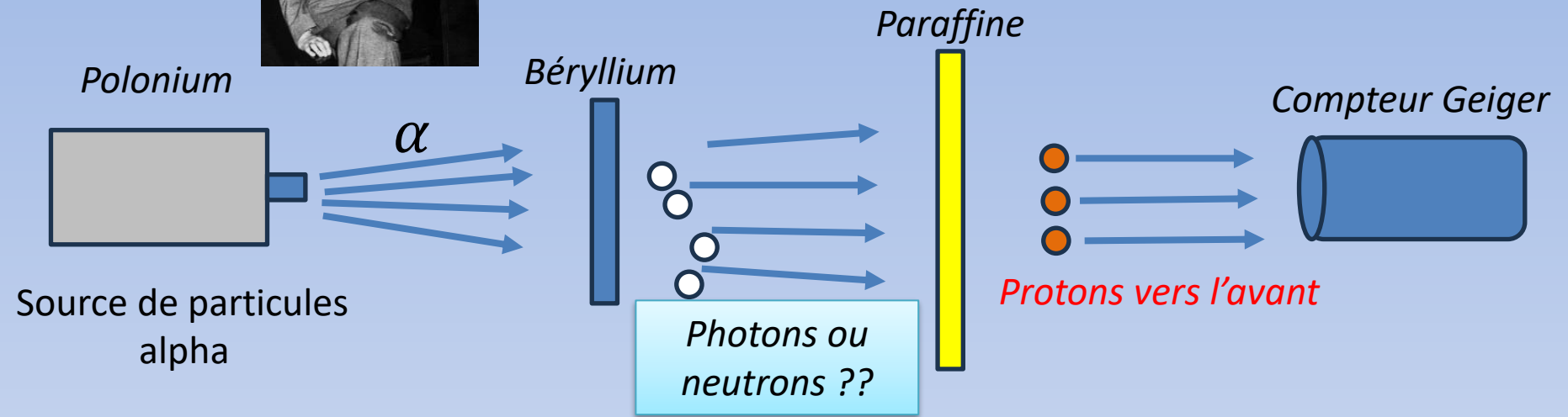
Sources intenses de particules α : réactions nucléaires (1932)



Hypothèse publiée : des photons γ ?? Mais énergie = 50 Mev !!



Chadwick (1932)



→ I. et F. Joliot-Curie vérifient que $m_n > m_p + m_e$
Le neutron n'est pas un état lié (p-e)

→ Le neutron est une vraie particule, comme le proton !
(Confirmé en 1934 par Chadwick et M. Goldhaber(1911-2011))



Noyau de $^{12}_6\text{C} = 6 \text{ protons} + 6 \text{ neutrons}$

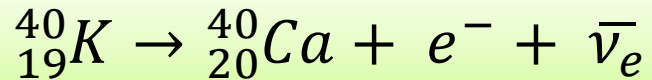
Chadwick Prix Nobel de Physique en 1935 pour la découverte du neutron

Les Joliot-Curie et la radioactivité β^+

→ La radioactivité β^- vient de l'instabilité du neutron libre

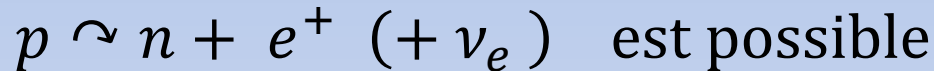


→ Des noyaux **riches en neutrons** sont instables



~5000 désintégration/s dans votre corps ..

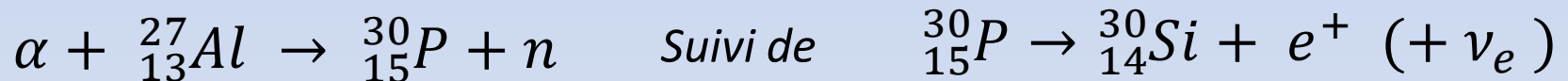
→ *I. et F. JC*: hypothèse que pour certains noyaux produits artificiellement et **riches en protons**, la transformation



NB : le positron e^+ , prévu par Dirac, détecté par Anderson en 1932

→ ... controverse courtoise avec Lise Meitner ...

→ Ils réalisent (*avec l'aide de Wolfgang Gentner*)



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

Irène sous-secrétaire d'état à la recherche scientifique en 1936 ...
mais n'a pas le droit de vote

INSTITUT INTERNATIONAL DE PHYSIQUE SOLVAY

SEPTIÈME CONSEIL DE PHYSIQUE -- BRUXELLES. 22-29 OCTOBRE 1933



Photo Benjamin Couprie

28, avenue Louise, Bruxelles

	H. A. KRAMERS		H. F. MOTT	G. GANOW	P. BLACKETT		M. COSYNS		Aug. PICCARD	
	E. STÄHEL	P. A. M. DIRAC		J. ERRERA		O. D. ELLIS		E. O. LAWRENCE		
E. HENRIOT	F. JOLIOT	W. HEISENBERG	E. T. S. WALTON	P. DEBYE	B. CARRERA	W. BOTHE	Ed. BAUER	J. E. VERSCHAFFELT	J. D. COCKROFT	L. ROSENFELD
F. PERRIN			E. FERMI		M. S. ROSENBLUM	W. PAULI	E. HERZEN	R. PEIERLS		
E. SCHRÖDINGER	M ^{me} I. JOLIOU	N. BOHR	A. JOFFÉ	M ^{me} CURIE	O. W. RICHARDSON	Lord RUTHERFORD	M. de BROGLIE		M ^{lle} L. MEITNER	J. CHADWICK
				P. LANGEVIN		Th. DE DONDER	L. de BROGLIE			

Absents : A. EINSTEIN et Ch.-Eug. GUYE

Vers une énorme surprise : la fission de l'Uranium

→ (1930-1938) Course aux radio-éléments artificiels en bombardant des matériaux avec des neutrons: neutrons neutres s'approchent facilement d'un noyau chargé positivement

→ **Fermi** à Rome (*Félicitations de Rutherford pour ne pas faire que de la théorie !*) : les **neutrons ralentis** (par collision avec éléments légers) donnent des réactions avec beaucoup plus d'efficacité

→ Les Joliot-Curie correspondent avec Hahn et Meitner : travail sur absorption des neutrons par l'Uranium

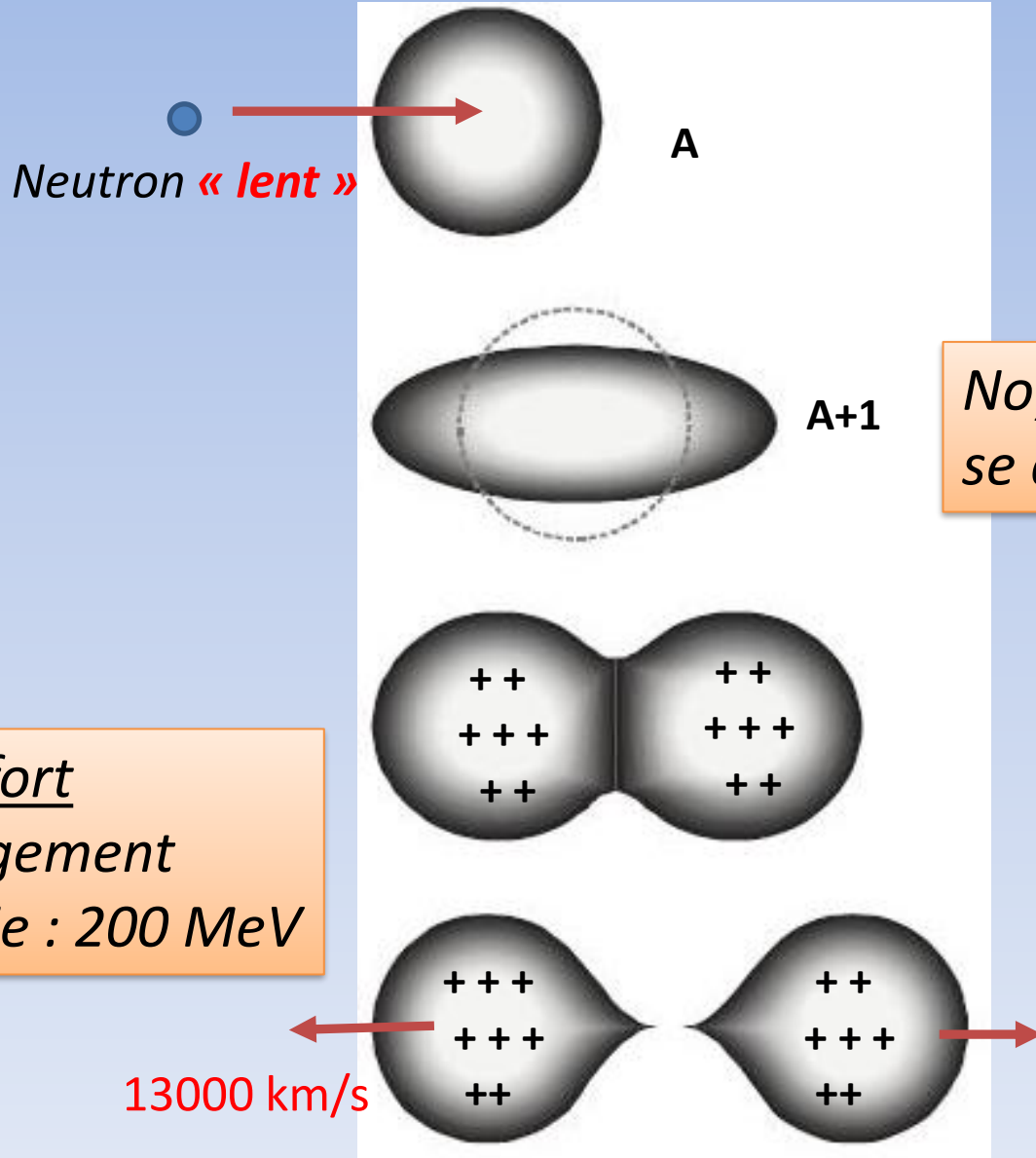
Anschluss mars 1938 → Lise Meitner doit s'enfuir en Suède (juillet 1938)

→ Hahn et Strassmann : du Baryum est produit en bombardant de l'U par des neutrons lents ! (*décembre 1938 – publié en janvier 1939*)

$U: Z = 92, N + Z = 238 \text{ ou } 235$ $Ba: Z = 56, N + Z = 144$

→ *Le noyau d'Uranium se casse en deux parties sous l'action d'un neutron lent ???!!! (Ba + Kr-92 non détecté + 2 ou 3 neutrons)*

Lise Meitner et Otto Frisch publient une première explication (février 1939) – Ils introduisent le terme de « fission nucléaire »



Neutron « **lent** »

A

A+1

Noyau déstabilisé se déforme

→ Très fort
dégagement
d'énergie : 200 MeV

13000 km/s

+ **2 ou 3**
neutrons

→ NB : *Ida Tacke-Noddack* (découverte du Rhénium en 1925) avait émis l'hypothèse de la fission dès 1934...

→ (début 1939) Avant même la parution des publications de Hahn-Strassmann et Meitner-Frisch, la nouvelle se répand très vite et ... fait l'effet d'une bombe ...

→ N. Bohr et A. Wheeler (Princeton) affinent la théorie

→ Possibilité de « réaction en chaîne » grâce aux neutrons émis (Joliot-Curie, Szilard chez Fermi à Chicago)

→ *Une autre histoire commence ... (1939-1945)*

Otto Hahn Prix Nobel de Chimie en 1945 (Lise Meitner oubliée ...)

L'élément chimique instable $Z = 109$, découvert en 1982, est nommé « Meitnerium » en 1997 en l'honneur de Lise Meitner

Pendant 40 ans, des avancées scientifiques majeures ont pu être obtenues grâce à beaucoup d'efforts de nombreux physiciens-physiciennes et chimistes , en grande majorité européens

- Ils ont confronté leurs idées et leurs résultats, soit à distance, dans des communications épistolaires, à travers des revues scientifiques soit grâce à des colloques internationaux. Leurs communications ont toujours été très courtoises.*
- Beaucoup de tâtonnements et de controverses, plutôt constructives*
- Ils ont **tous**, à un moment donné, constaté que certaines de leurs mesures pouvaient être fausses ou que leur hypothèse préférée était erronée et, tous, ils ont reconnu leurs erreurs...et ils se sont remis au travail ...*

Bibliographie (très courte)

Bernard Fernandez – « De l'atome au noyau » - Ed. Ellipses 2006

Cédric Villani

<https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/serie-les-atomes-au-coeur-de-la-matiere>