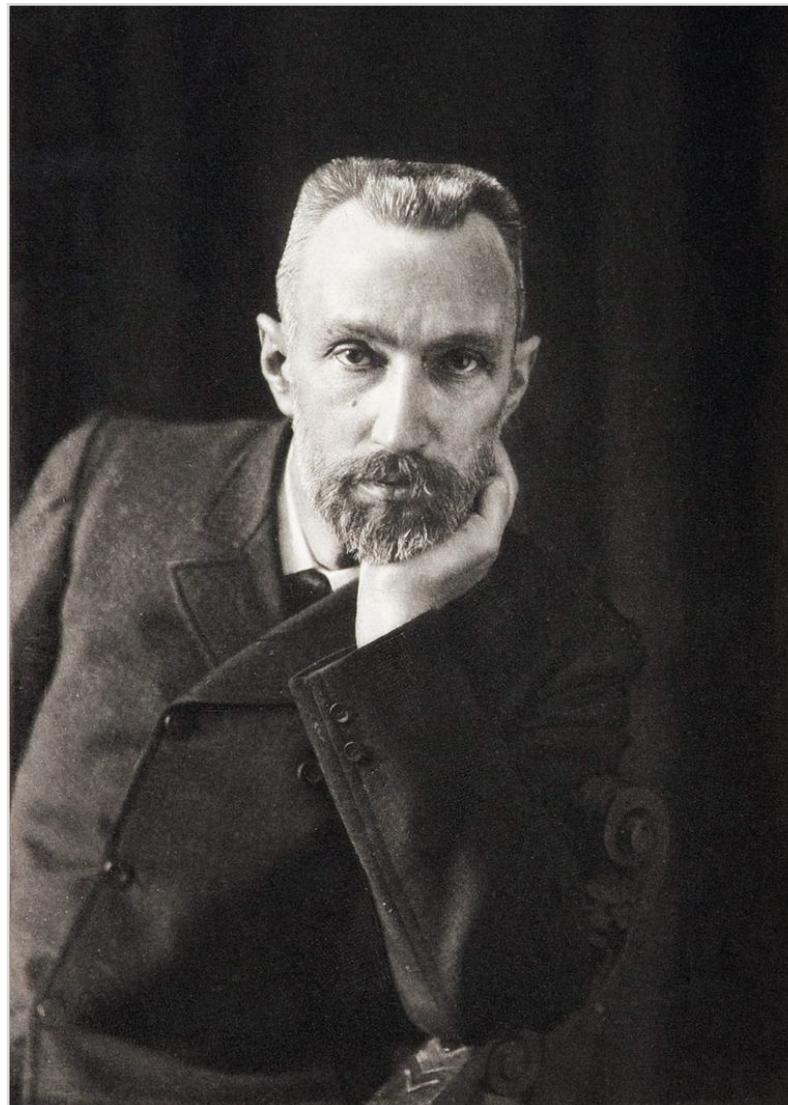
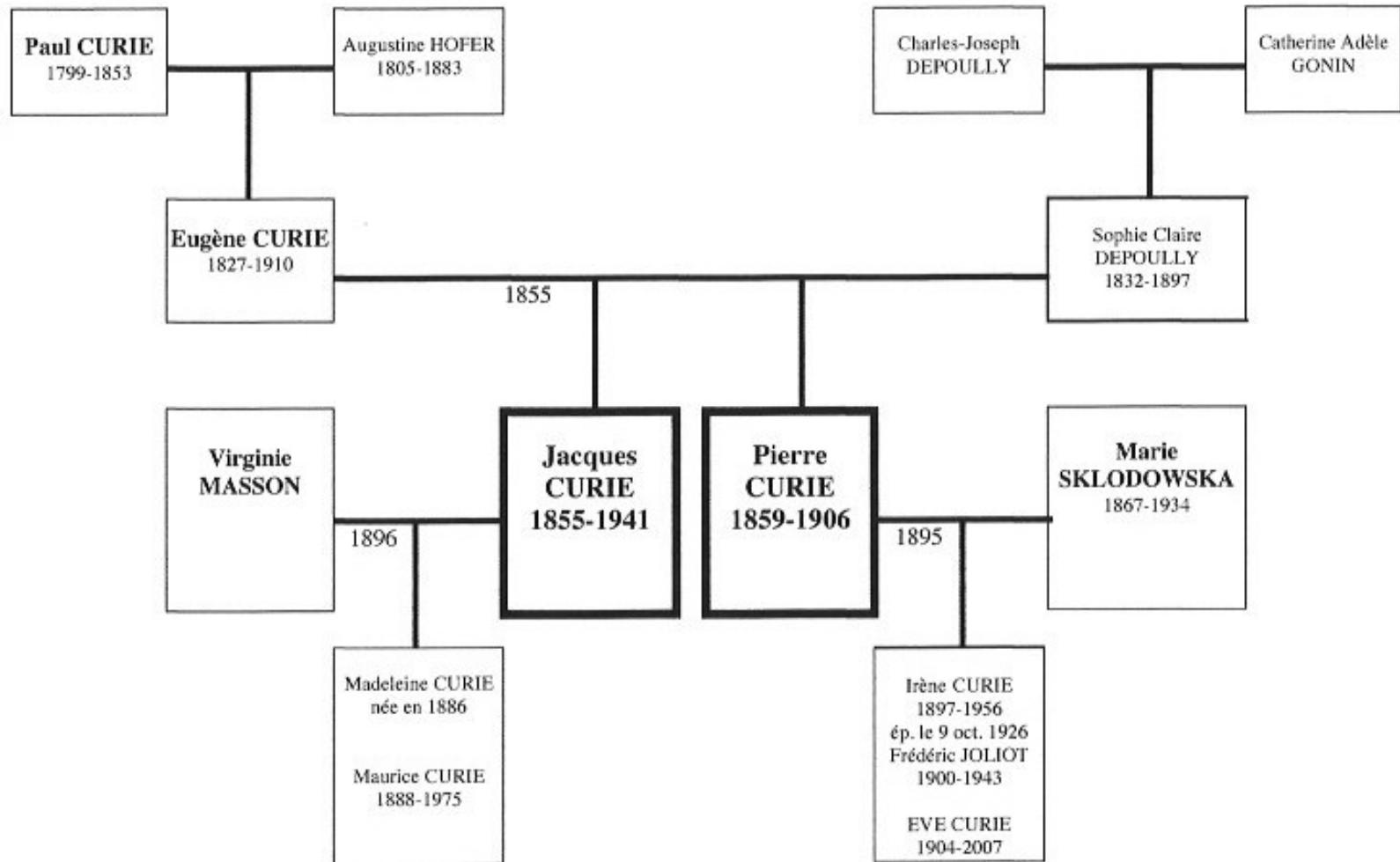


L'œuvre scientifique de Pierre Curie



Loïc Barbo - Décembre 2025

Généalogie des Curie



Une famille républicaine vouée à la recherche

Pierre Curie est né à Paris, le 15 mai 1859 rue Cuvier, près du Muséum d'histoire naturelle où son père, le docteur Eugène Curie, républicain convaincu, effectuait des recherches médicales.

L'éducation de Pierre fut très originale. Il ne fréquenta aucun établissement scolaire. Ses premiers professeurs furent les membres de sa famille, tout d'abord sa mère qui lui apprit à lire. Ensuite son père, qui éveilla chez Pierre son goût pour les sciences naturelles. Lorsque Pierre atteignit l'âge de 14 ans, ses parents le confièrent à Albert Bazille, professeur de mathématiques, qui lui enseigna les mathématiques élémentaires et l'initia au latin.

A la fin de l'année 1875, Pierre se présenta avec succès au baccalauréat ès sciences.

Pierre : l'école buissonnière

- Baccalauréat, le 9 novembre 1875 -

Examen pour le grade Bachelier ès Sciences, subi le 8. oct. 9. Novembre 1871

Nous, Membres de la Faculté des Sciences de Paris, formant la Commission d'Examens pour le Baccalauréat en Sciences, en Nombre prescrit par le Règlement et assistés de M. Marcellin, Professeur à la Faculté des Lettres de Paris;

En exécution du Décret impérial du 17 mars 1808, de la Loi du 15 mars 1850, du Décret impérial du 22 août 1854, et conformément au Réglement du 26 mars 1855;

Va les notes obtenues par M. O. C. KELLY, June 1

à Paris le 15 mai 1899

Candidat au Baccalauréat ès Sciences, à la suite de ses Compositions écrites et de ses réponses aux Questions qui lui ont été posées par les Membres du jury, savoir :

		NATURE DES QUESTIONS.	NOMBRE DES SUFFRAGES		SUFFRAGES EXPRIMÉS
			Notes.	Chi. Bro.	
Épreuve écrite	Composition de Mathématiques		1		1
	Composition de Physique		1		1
	Version latine		1		1
	Anteux	Latin	1		1
		Français	1		1
	Connaissance d'une langue vivante		4		4
	Mathématiques	triangle trapèze carré huit losange octogone	2		2
Épreuve orale	Sciences physiques	avion électricité chlore	2		2
	Histoire et Géographie	Amérique Asie Europe Afrique	1		1
	Philosophie	science physique morale	1		1
			TOTALS	11	13
			MOYENNE		1,19

Après avoir constaté le résultat des Exercices subis par le Candidat, nous l'avons déclaré digne du Grade de Bachelier.

ss Sciences, avec la Mission l'agriculture

Professor of the Faculty -

Wolff.

Richardson

SocTlair

Droit d'extinction

6/12/77

TOTAL A REPORTER

17349



Le docteur Eugène Curie, sa femme Claire Depouilly et leurs enfants
Jacques à gauche et Pierre, vers 1878

Formation scientifique de Pierre Curie

- 1875 : Baccalauréat ès sciences
- 1875 - 1877 : Étudiant en sciences physiques et en pharmacie
- 1877 : Licence ès sciences
- 1878 : Préparateur adjoint
- 1879 : Préparateur au laboratoire de physique de Paul Desains

Jacques, préparateur à la Sorbonne

- Charles Friedel est professeur de minéralogie et de chimie organique (réaction de Friedel - Crafts).
- Désirant orienter ses recherches vers la chimie organique, au détriment de la minéralogie, Charles Friedel charge Jacques d'étudier l'éventuelle pyroélectricité du quartz et de trancher un désaccord avec les minéralogistes allemands, Ross, Hankel et Riess.
- Jacques associe immédiatement Pierre à ses recherches.

Le quartz est-il pyroélectrique ?



La pyroélectricité

Tout d'abord, Jacques et Pierre étudient et décrivent le phénomène de pyroélectricité.

La pyroélectricité* est la propriété d'un matériau dans lequel un changement de température entraîne une variation de polarisation électrique. Cette variation de polarisation crée une différence de potentiel temporaire, celle-ci disparaissant après un temps de relaxation.

(* du grec pyro ou puro, « feu »)

Application : détecteur de chaleur, capteur infrarouge...

Etude de la pyroélectricité

- *Les premières recherches* -

Etudiant les propriétés électriques du quartz, Jacques et Pierre Curie arrivent à la conclusion que :

- Le quartz n'est pas pyroélectrique, mais présente une autre propriété, encore inconnue, découverte et étudiée par les deux frères.
- La méprise de Friedel est due au mode de chauffage non-uniforme du cristal, provoquant une **déformation** du cristal.

Friedel reconnaît immédiatement son erreur.

Etude des propriétés électriques du quartz

- Les premiers résultats -

Poursuivant leur étude, les deux frères soumettent des cristaux de quartz à des déformations. Et, le 2 août 1880, ils annoncent, dans un article publié dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences :

« Nous avons trouvé un nouveau mode de développement de l'électricité polaire dans certains cristaux, qui consiste à les soumettre à des variations de pression suivant certains axes »

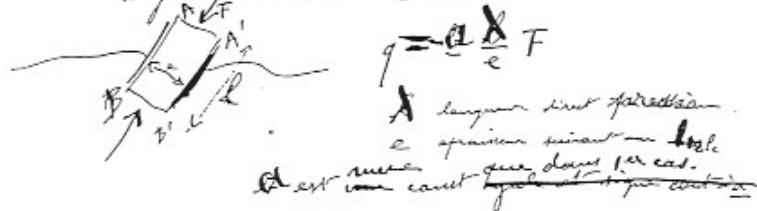
Les frères Curie établissent ensuite les conditions de production et ses lois.

L'effet direct

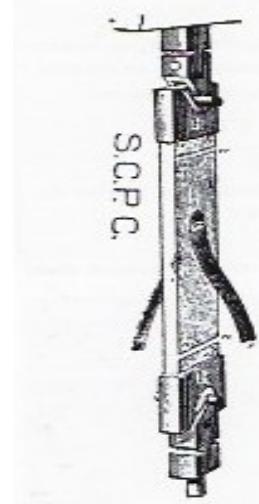
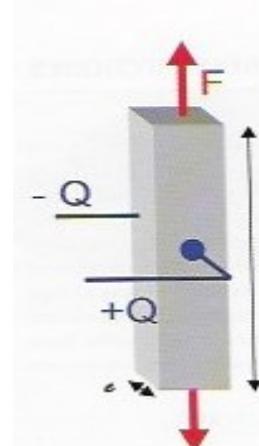
- Conditions de production (clivage) et ses lois -



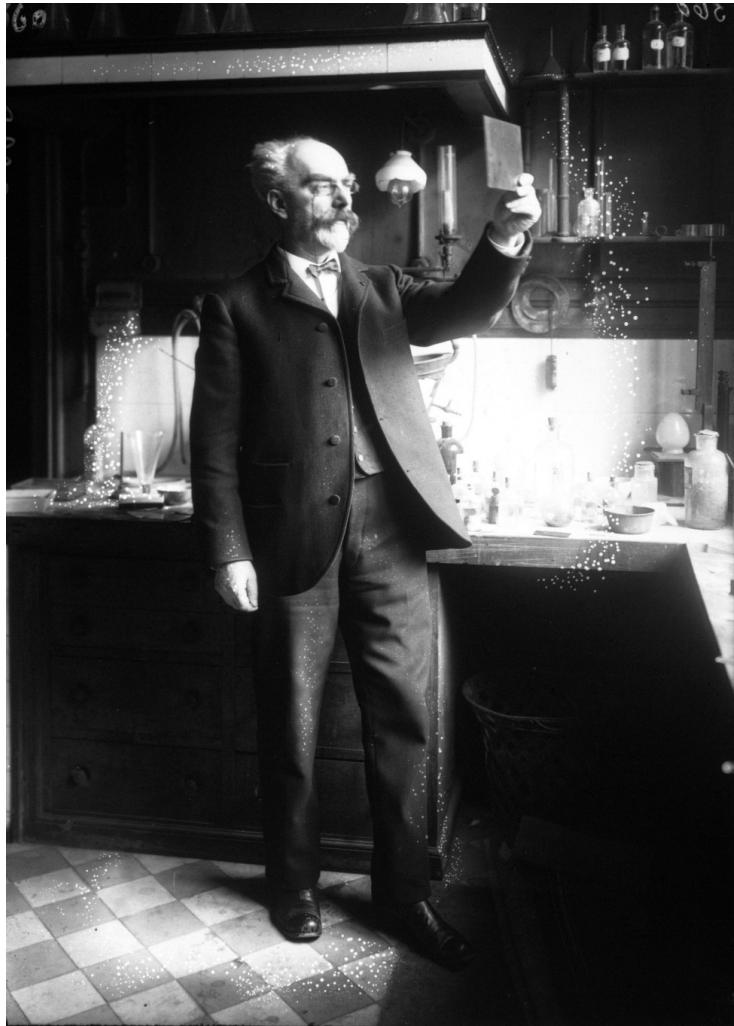
Si on peut encore dégager électriquement un échantillon à angle de cette direction sous la direction d'une face normale de face $\vec{A} \vec{B}$ et en recueillir une charge électrique de même intensité, et en recueillir une charge électrique de même intensité.



La défraction est plus avantageuse. —
 quartz-piezoelectrique
 on opère un dispositif par
 traction — le petit à grande
 face normale —
 $d = q / \Delta F$ et unité de charge F en kg .



L'effet inverse



Fin 1881, Gabriel Lippmann entrevoit le caractère réversible du phénomène. Grâce à l'ingéniosité d'un dispositif permettant de mesurer de très faibles déformations*, les frères Curie annoncent avoir observé la « **déformation électrique du quartz** » le 13 novembre 1882.
(*quelques dixièmes de μm pour une tension de qlq dizaines de kV)
(G. Lippman, PN de physique)

La piézoélectricité

La piézoélectricité - du grec piezein, « presser » - est la propriété que possèdent certains corps de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique (pression, traction, torsion, flexion, déformation...).

C'est l'effet piézoélectrique direct.

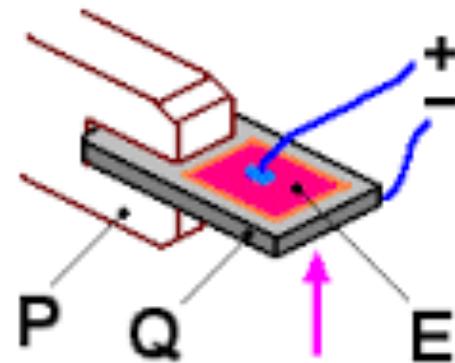
Réiproquement, une tension électrique appliquée sur les deux faces d'une lame de quartz provoque la déformation de celle-ci. L'amplitude de la déformation est faible (quelques millièmes de mm). **C'est l'effet piézoélectrique inverse.**

Les applications

- Capteur de force, de pression...
- Oscillateur piézoélectrique (W. Cady, 1920)
- Horlogerie (32768 Hz)
- Allume-gaz, briquet à gaz...
- Générateur et détecteur d'ultrasons. (Transducteur)
 - Sonar (Paul Langevin, E. Rutherford, R.W. Boyle, 1917)
 - Echographie (Wild et Reid, 1951)

Les applications (suite)

- Allume-gaz piézoélectrique -



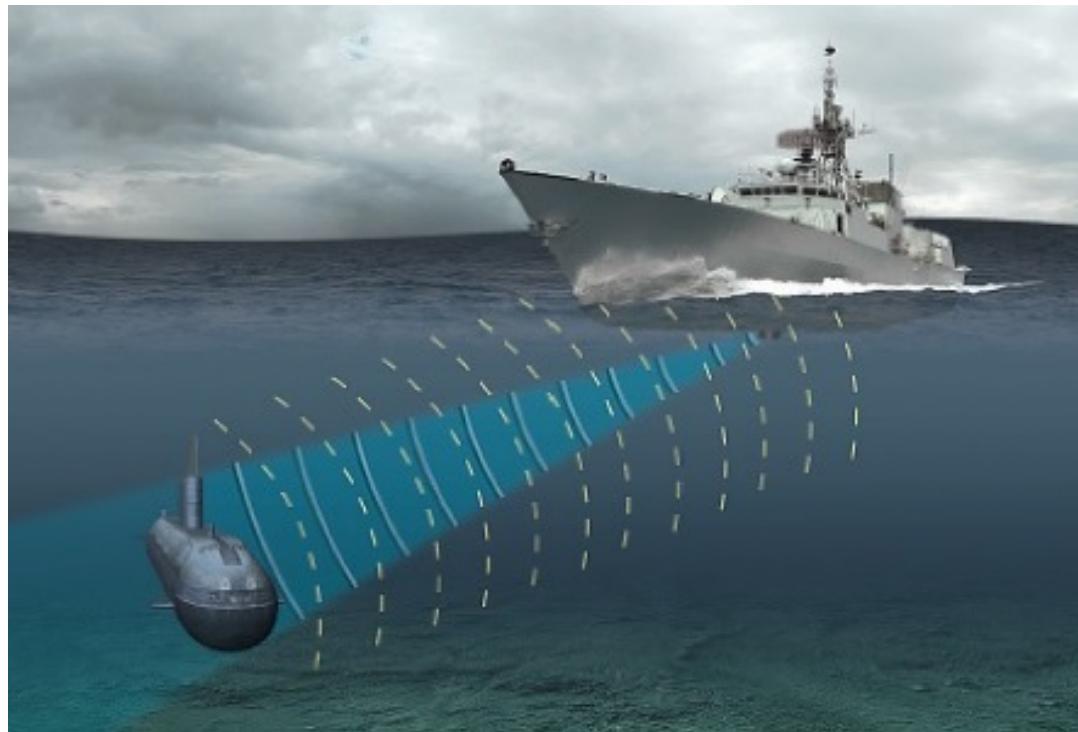
Dans l'allume-gaz, la pression exercée par le doigt, produit une tension de quelques centaines de volt , qui se décharge brutalement sous forme d'étincelle. (Effet direct)

En 2020, le marché des piézoélectriques était estimé à plusieurs milliards de dollars.

Les applications (suite)

- Sonar -

Le sonar, dispositif de production et de réception d'ondes sonores (ultrasons) dans l'eau. Imaginé par Paul Langevin et Rutherford, le sonar fut mis au point à la fin de la première guerre mondiale.



Les applications (suite)

- L'échographie -

L'échographie est un examen non invasif, non irradiant et indolore, utilisant les ultrasons. Grâce à une sonde émettrice et réceptrice d'ultrasons, on enregistre les variations de la vitesse de propagations des ondes ultrasonores à travers les tissus étudiés.

Générateur et détecteur d'ultrasons

- Sonar (Langevin, Rutherford, R.W. Boyle, 1917)
- Echographie (Wild et Reid, 1951)

Jacques Curie

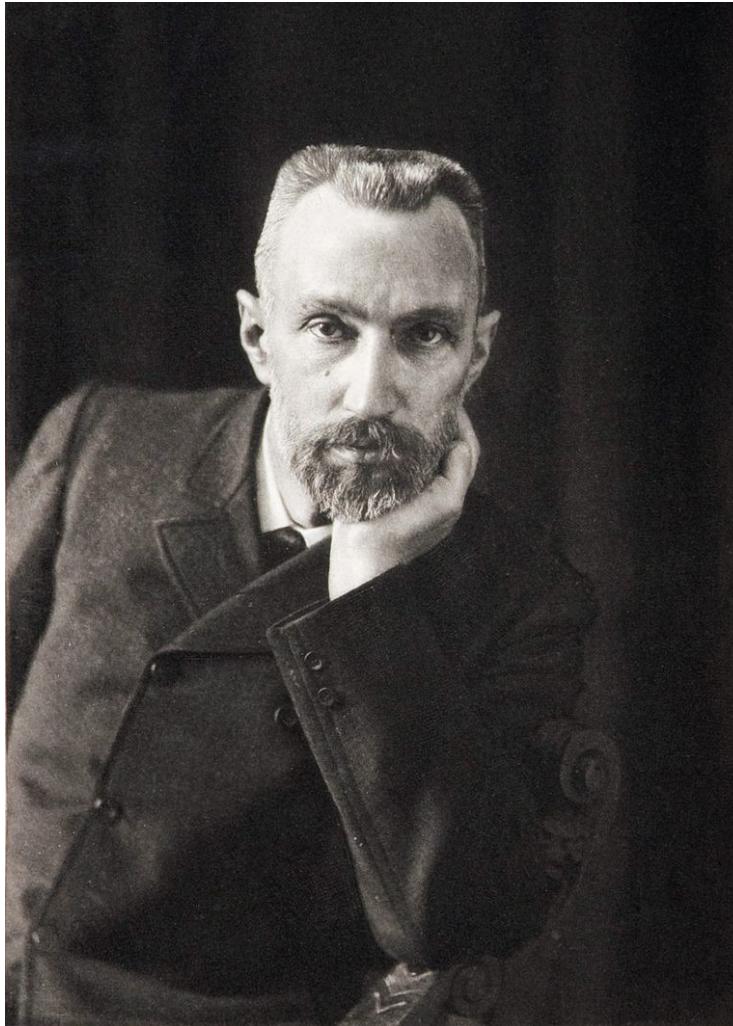
1855 - 1941



- En 1883, Jacques est recruté comme maître de conférences de minéralogie à Montpellier.
- Il soutient une thèse en 1888.
- Professeur en 1903.
- Mariage avec Virginie Masson en 1896.
- Naissance de Madeleine en 1886
- Et de Maurice en 1888.
- Décès le 19 février 1941.

Pierre Curie

1859 - 1906



- En 1882-1883 les deux frères se séparent.
- Jacques est nommé à Montpellier
- Pierre est recruté par l'E.M.P.C.I et est nommé :
- Préparateur en 1882
- Chef des travaux en 1890
- Professeur en 1895
- A partir de 1884, Pierre entreprend des recherches sur la **symétrie**.

Pierre Curie et la symétrie

- Faute de laboratoire, Pierre abandonne ses recherches expérimentales et entreprend des réflexions théoriques sur les « *liaisons qui existent entre les propriétés physiques de la matière et la symétrie cristalline* »
- Il énonce alors ce que l'on nomme le principe de symétrie : « *Lorsque certaines causes produisent certains effets, les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets produits* »
- « *Lorsque certains effets révèlent une certaine dissymétrie, cette dissymétrie doit se retrouver dans les causes qui leur ont donné naissance* »
- « C'est la dissymétrie qui crée le phénomène » (âne de Buridan)
- « La dissymétrie, c'est la vie » (Pasteur)

Thèse de doctorat : « Propriétés magnétiques des corps à diverses températures »

Cédant à l'insistance de son père et de son frère, Pierre Curie décide enfin de soutenir une thèse de doctorat, le 6 mars 1895. Elle porte sur **les propriétés magnétiques des corps à diverses températures**.

- Classification des corps selon leur magnétisme : diamagnétisme, paramagnétisme, ferromagnétisme.
- Point de Curie (ou température de Curie) point de transition entre une phase ferromagnétique et une phase paramagnétique. Transition ordre - désordre.
- Variation de la susceptibilité magnétique en raison inverse de la température (en $1/T$)

Pierre et Marie Curie

- Rencontre en 1894 -



- Mariage de Pierre et Marie le 25 juillet 1895.
- Naissance d'Irène en 1900.
- Naissance d'Ève en 1904.

Pierre et Marie Curie, dans le jardin de leur maison, rue des Sablons à Sceaux, avec leurs cadeaux de mariage, deux bicyclettes avec lesquelles ils se préparent à partir en vacances.

Pierre et Marie Curie

- *Leur maison de Sceaux* -



À la recherche d'un sujet de thèse

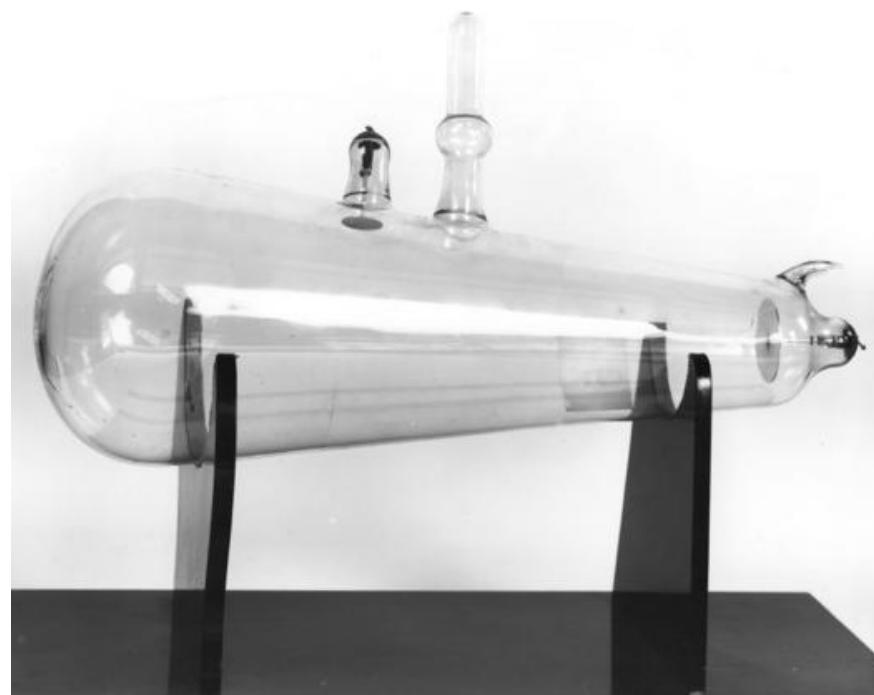
« *Notre attention était attirée par un phénomène curieux découvert en 1896 par Henri Becquerel...*

L'étude de ce phénomène nous parut très attrayante, et cela d'autant plus que la question, entièrement nouvelle, ne comportait aucune bibliographie... »

Marie Curie

Un rayonnement mystérieux

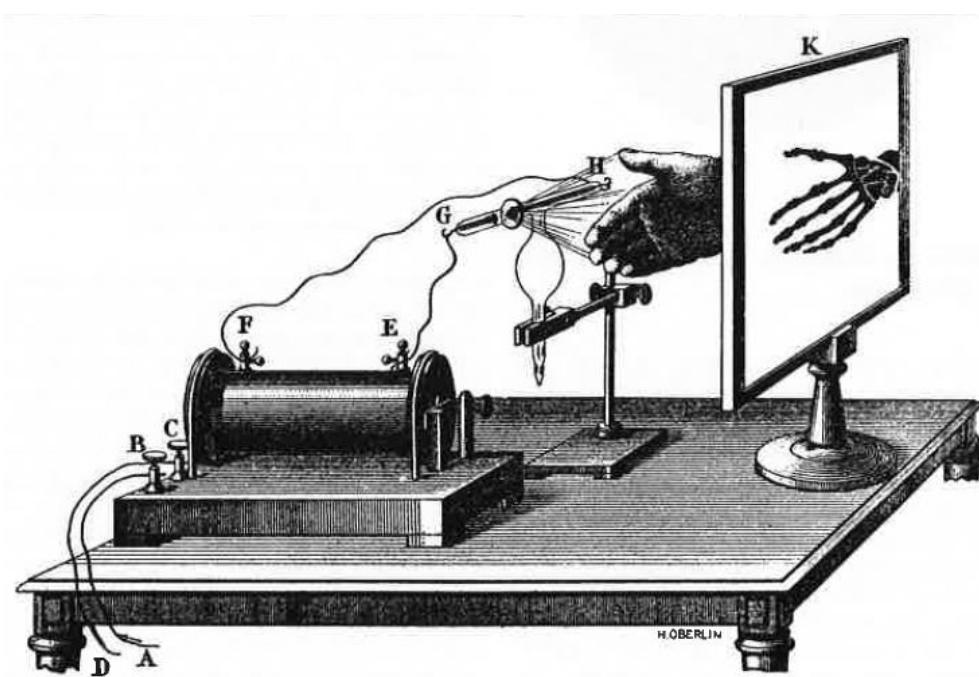
Le 8 novembre 1895, W.C. Röntgen détecte un rayonnement mystérieux, invisible, très pénétrant, (traversant le bois, des livres, des feuilles minces d'aluminium...) et impressionnant les plaques photographiques.



Tube de Crookes

Une nouvelle espèce de rayons

Début 1896, la communauté scientifique est en effervescence suite à la découverte des **rayons X** par Röntgen en novembre 1895 et surtout après la publication de la **radiographie** de la main de sa femme, le 22 décembre 1895.

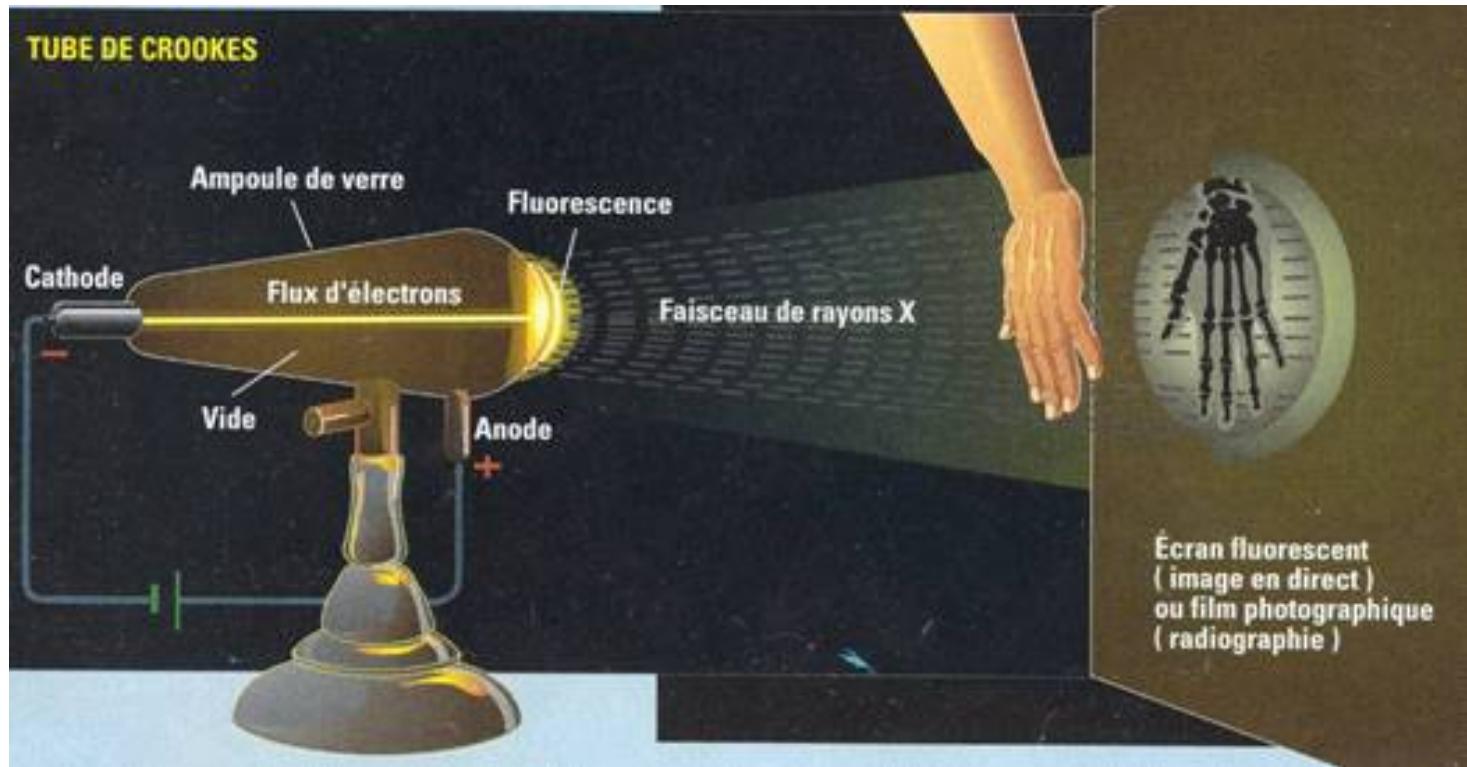


L'expérience de Röntgen



Une nouvelle espèce de rayons

- *L'expérience de Röntgen -*



L'hypothèse d'Henri Poincaré

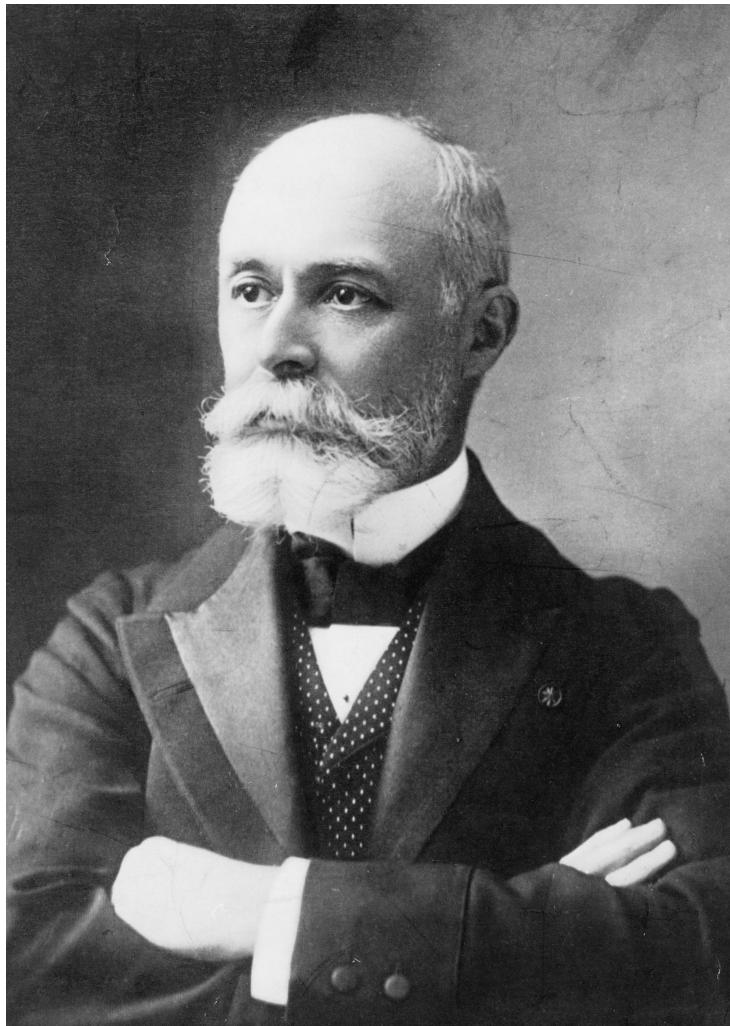


Remarquant la simultanéité entre la phosphorescence* de l'extrémité du tube cathodique et l'émission de rayons X, Henri Poincaré émet l'hypothèse d'un lien causal entre les deux phénomènes.

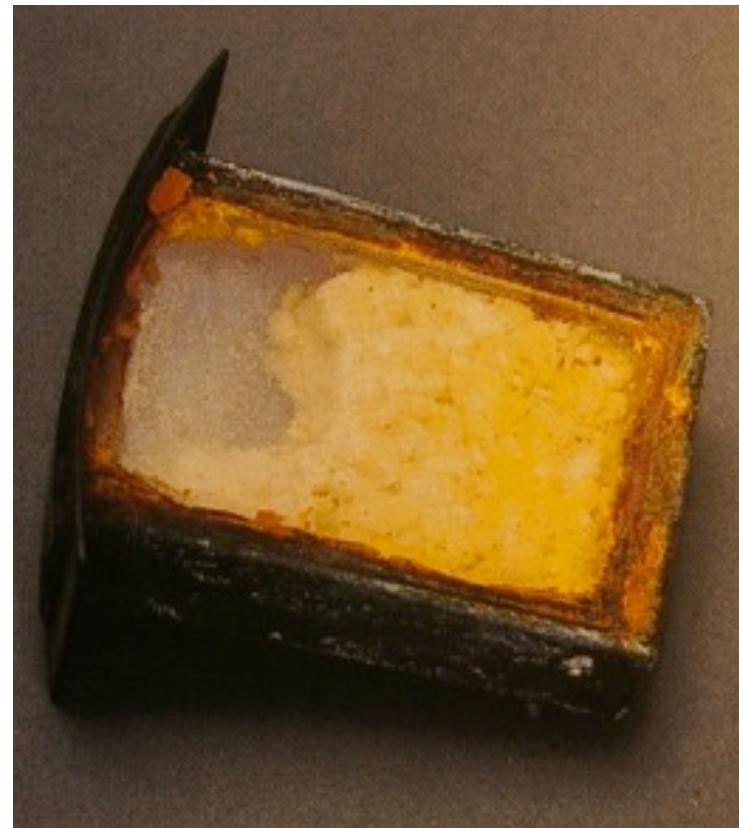
* Propriété de certains corps d'émettre de la lumière après excitation.

Henri Becquerel

1852 - 1908



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



Sel d'uranium utilisé par Becquerel

Henri Becquerel

La découverte des rayons uraniques



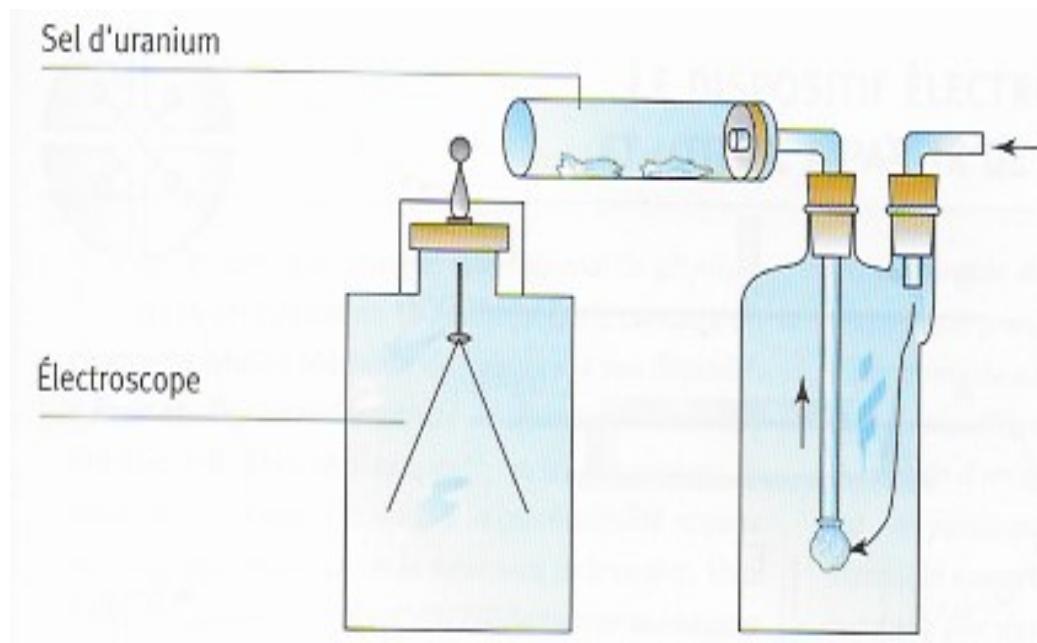
Découverte le 1^{er} mars 1896
(Extraits des cahiers de
laboratoire de H. Becquerel)

« *Sulfate double d'uranyle et
de potassium.
Papier noir.
Croix de cuivre mince.
Exposé le 27 (février) à la
lumière diffuse.
Développé le 1er mars. »*

Étude des rayons uraniques

- Par Henri Becquerel -

Un courant de gaz traverse un tube de verre contenant un tampon de coton pour arrêter les poussières, puis un second tube de verre contenant un sel d'uranium. Ce tube débouche près de la boule de l'électroscopie à feuilles d'or.



Étude des rayons uraniques

- Par Henri Becquerel -

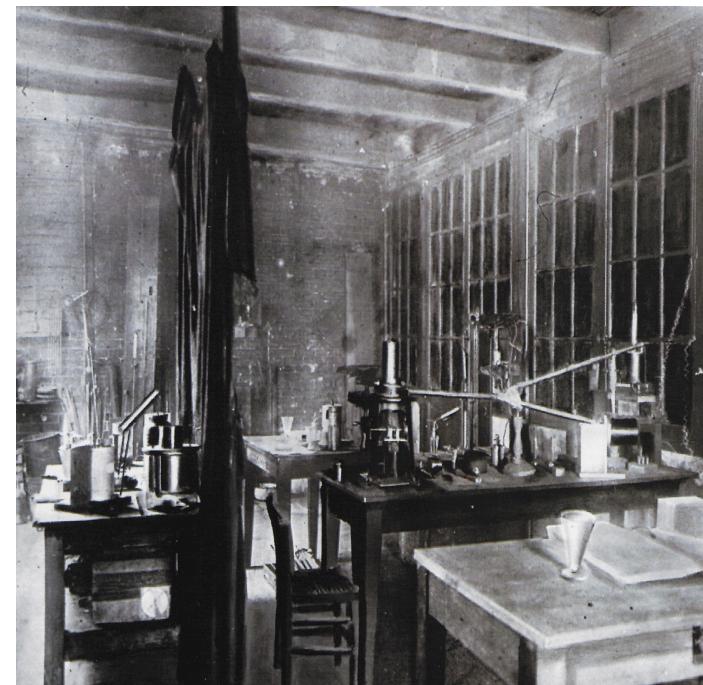
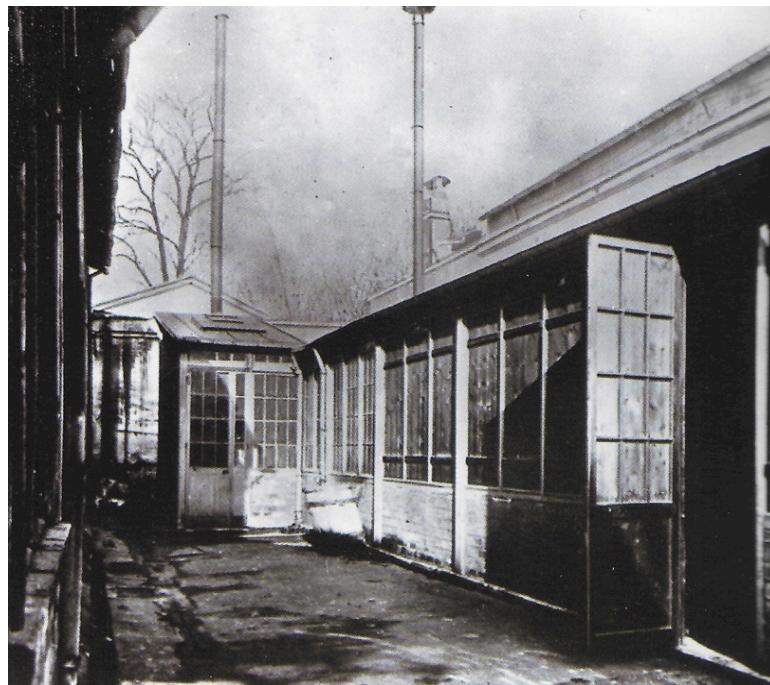
Au milieu de l'année 1896, Henri Becquerel est parvenu aux conclusions suivantes :

- **Le phénomène observé est indépendant de la phosphorescence.**
- **Le phénomène est lié à l'élément uranium.**
- **Les radiations invisibles émises par les sels d'uranium ont la propriété de décharger les corps électrisés soumis à leur rayonnement .**

Étude de la radioactivité

Le laboratoire des Curie à l'EMPCI

« Le laboratoire est un atelier vitré servant de magasin et de salle de machines. Pièce froide et humide en hiver, verrière torride en été, en toute saison inadaptée à des expériences et à des mesures électriques... »



Etude des rayons de Becquerel Découverte de l'activité du thorium par Marie Curie

« A la suite des travaux de M. Becquerel, il était naturel qu'on se demandât si l'uranium est le seul métal jouissant de propriétés aussi particulières » (Marie Curie)

Entreprenant une étude systématique des minéraux à sa disposition, Marie observe qu'un mineraï de thorium, le titanoniobate de thorium donne un résultat positif. Ainsi que plusieurs sels de **thorium**. Elle en déduit qu'un autre élément que l'uranium émet des rayons que l'on nommera **rayons de Becquerel** (le terme de rayons uraniques ne convenant plus).

Au même moment, un physicien allemand, G.C.Schmidt se posant la même question « naturelle », arrive au même résultat.

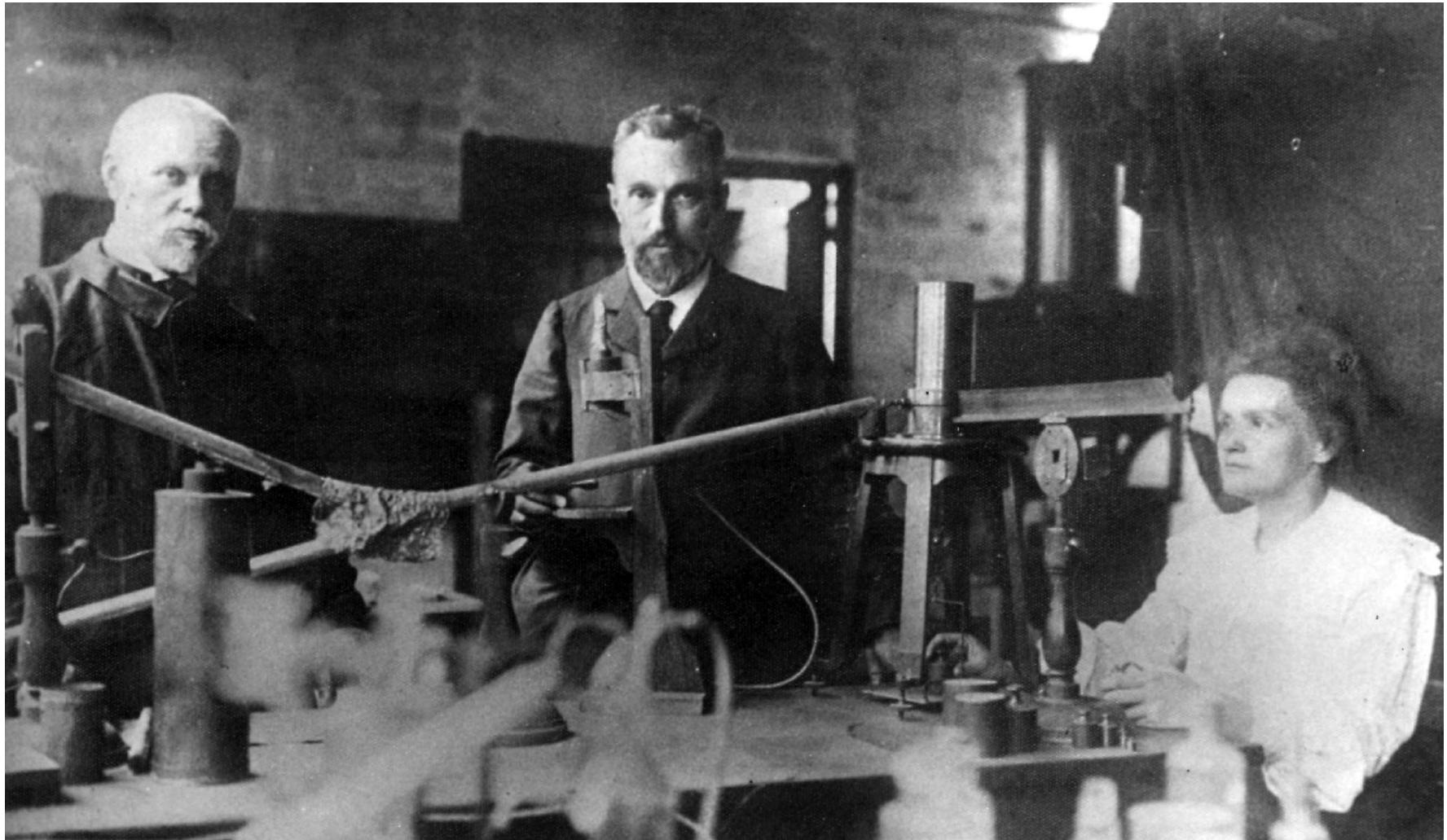
Pierre Curie constructeur d'appareils (Quartz piézoélectrique, balance de précision, électromètre, ...)



« Lorsqu'on ne peut l'exprimer par des nombres, le savoir reste ingrat et peu satisfaisant ». Lord Kelvin

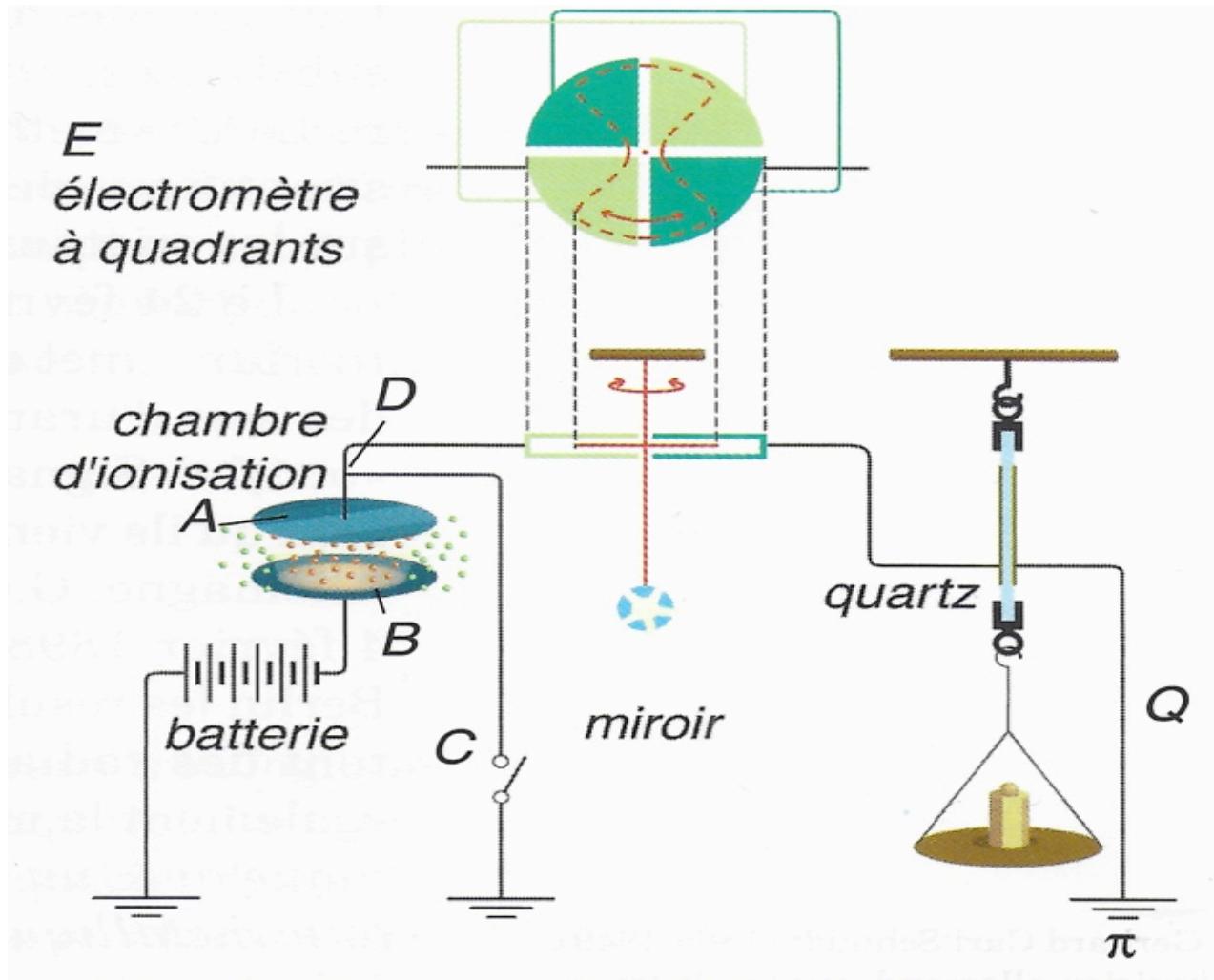
Etude de la radioactivité

Pierre et Marie Curie et leur préparateur M. Petit



Le quartz piézoélectrique

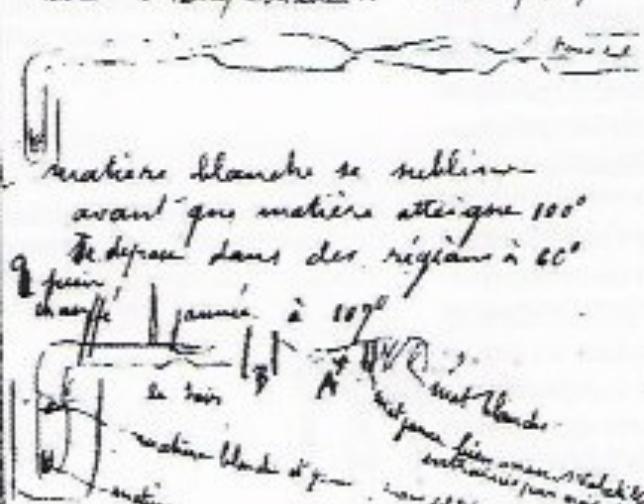
Le dispositif expérimental



Carnets de laboratoire

Les comptes rendus des expériences

~~Observation des solvants~~
deux à comportement similaire



matière blanche se sublimant
avant que matière atteigne 100°
début dans des régions à 60°

3 juillet chauffe à 100°
le soir matin à 100°
matière blanche se sublimant
avant que matière atteigne 100°

3 juillet (36) began + ? > 2,64 g
par litre jusqu'à 3,2

4 juillet chauffe tout le jour

4 juillet chauffe 150° en A

5 juillet 100° tout en A | matière cristalline
pas mal de matière mal en place
ensuite matière blanche apparaît

4. Juin.
La matière II a été partiellement soluble -
dans l'eau a été precipité par
H₂S. Les sulfures sont un mélange
de noir et bruns, sulfures II
sulfures II plâtre. 4 cm.

1000 - 10°
2000 - 20° $i_g = 100 = 9.8 \text{ U.L.}$

5. Juin
Mouvement spontané
20 29°
Matière III a réduit de l'atmosphère -
100 - 18°
200 - 37° $i_g = 5.4 \cdot 0.54 \text{ U.L.}$

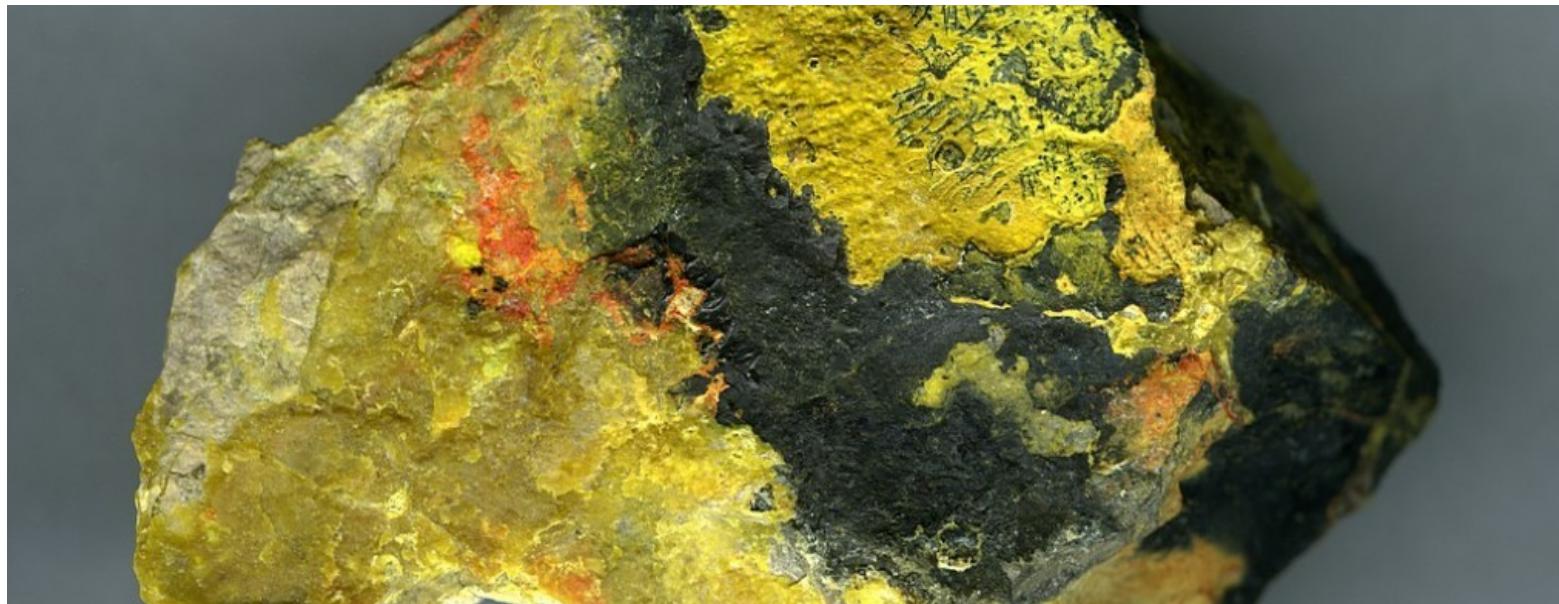
La matière I obtenu également. Obtenu
sont sont additionnés de 100° et
d'eau. Elle forme la solution dans -
qui cette solution est à 1.14 solubilité
par addition d'eau. 3 - 4 - 10. Ils
sont par addition de -

De nouveaux éléments

Etudiant un minéral d'uranium, de la pechblende, Pierre et Marie Curie ont la surprise de constater que ce minéral est plus radioactif, à quantité égale, que l'uranium lui-même.

Après de nouvelles mesures, ils soupçonnent l'existence, dans ce minéral, d'une substance inconnue et fortement radioactive.

En traitant une tonne de résidu de pechblende, P. et M. Curie réussissent à obtenir quelques centigrammes de chlorure de radium.



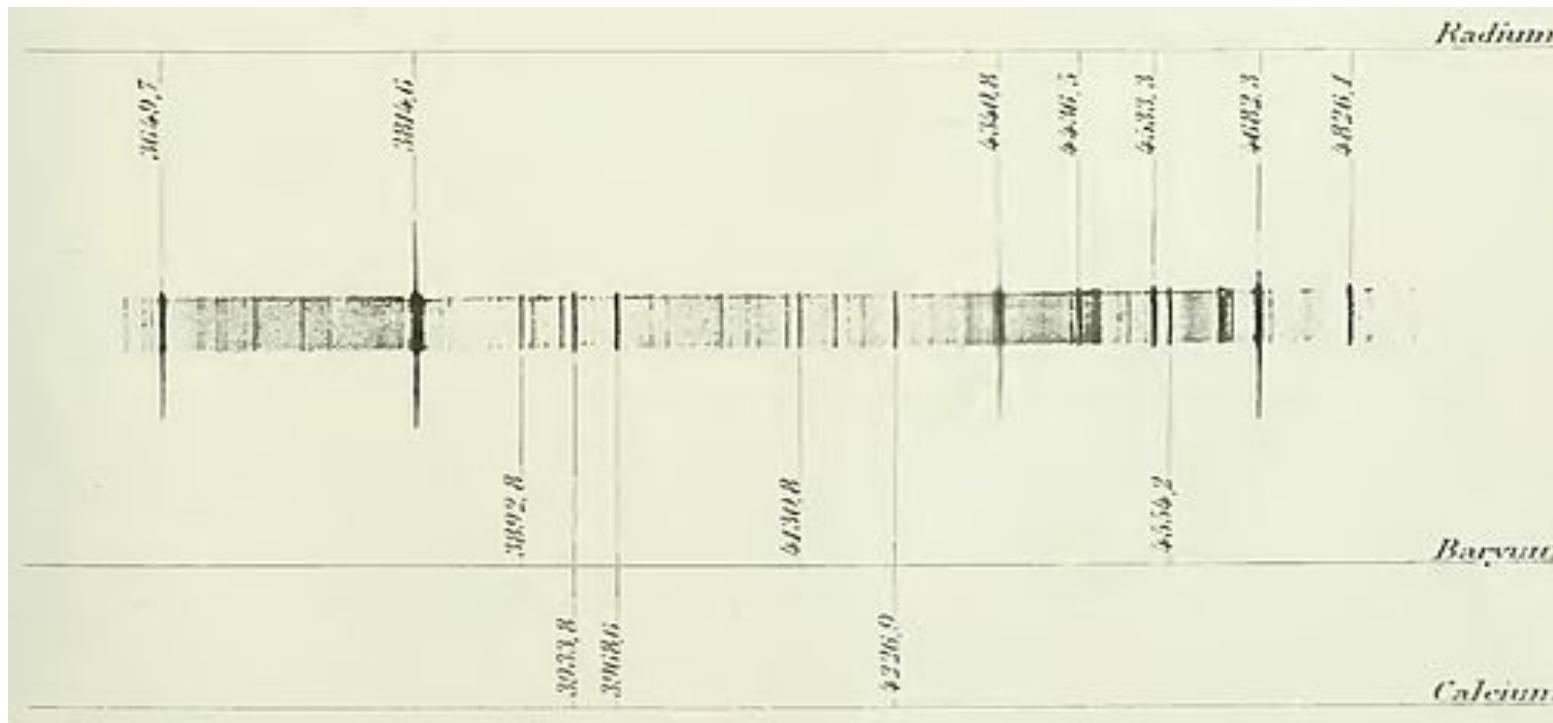
Découverte du Polonium

Extrait d'une page des carnets de laboratoire, datée du 13 juillet 1898. Pour la première fois, est utilisé le symbole chimique **Po** (polonium), écrit de la main de Pierre Curie, pour désigner le nouvel élément découvert.

13 juillet
sublimation vide
distillation de sulfures Valant 12 f.w.
sulf B, Pb et Po 0,94

Découverte du Radium

Le 26 déc. 1898, découverte et identification du **Radium**
(Spectre effectué par Eugène Demarçay)



Étude du Radium

- Détermination de la masse atomique du Radium -

$$\begin{aligned}
 \text{Or + Cam} &= 14,748,05 \\
 \text{id + Rad}^2 &= 14,357,3 \quad \text{Rad} = 0,109,25 \\
 \text{Cam + Rad} &= 10,314,65 \quad A_g d = 0,10649 \\
 \text{Or + } A_g d^2 &= 10,428,12 \\
 \\
 \frac{T. 39270}{T. 02723} & \quad \frac{\alpha = 0,10225}{Ra = 0,00295} \quad \frac{0,697}{0,2723} \\
 \frac{2.91993}{0.49889} & \\
 \\
 \frac{T. 91882}{T. 49193} & \\
 & \\
 \frac{C_f}{Cl} = 3.154 & \quad \frac{1.85903}{0.49889} \\
 & \quad 2.39892 \\
 \\
 R_a &= \underline{223.3}
 \end{aligned}$$

Actual values were 223.3, Rad
is 'constant', poor

$$\begin{aligned}
 \text{Camal + agent} &= 10.3942 \\
 & \quad 10.31461 \\
 2g &= \frac{0.07955}{0.02500} \\
 2g &= 0.10564 \\
 \text{Difference} &= 2.00000
 \end{aligned}$$

Page d'un carnet de laboratoire, datée du 22 avril 1902. Écriture de Pierre en haut et de Marie (calcul de la masse atomique).

A la recherche d'un laboratoire

A partir de 1900, Marie poursuit ses travaux d'isolation du radium et Pierre entreprend d'étudier la nature du rayonnement radioactif.

Il étudie la charge électrique des rayons déviés et émet l'hypothèse d'une identité entre ces rayons et les rayons cathodiques.

Il entreprend également les premières mesures, par des méthodes de calorimétrie, de l'énergie libérée par la radioactivité.

1901 Pierre et Henri Becquerel étudient les propriétés physiologiques du rayonnement radioactif.

1902 Échec de la candidature de Pierre Curie à l'Académie des sciences.

Marie Curie soutient sa thèse de doctorat le 25 juin 1903 sur ses **« Recherches sur les substances radioactives »**

1903, le prix Nobel de Physique

En 1903, le Prix Nobel de physique est attribué à H. Becquerel, Pierre et Marie Curie

En 1901, le prix Nobel de physique avait été attribué pour la première fois à W.C. Röntgen pour la découverte des rayons X et l'année suivante à Lorentz et Zeeman.

En 1903, les membres du comité de physique décidèrent qu'il était temps de récompenser les auteurs des recherches sur la radioactivité, la découverte la plus importante des dernières années. Les premiers noms qui s'imposèrent furent ceux d'Henri Becquerel et de Pierre Curie, présentés pour le prix de l'année 1903.

Il semble que la candidature de Marie Curie n'ait pas été envisagée dans un premier temps, ce qui entraîna l'intervention de Gösta Mittag-Leffler, mathématicien suédois. Il informa Pierre Curie que l'on songeait à lui accorder le prix Nobel.

Dans sa réponse Pierre insista pour que le prix soit accordé conjointement à Marie et à lui-même, leurs mérites respectifs ne pouvant être séparés.

La récompense

« Vous avez été assez aimable pour m'informer qu'il avait été question de moi pour le prix Nobel... Je désirerais beaucoup que l'on me considère comme solidaire avec Madame Curie dans mes recherches sur les corps radioactifs...

C'est en effet, son premier travail qui a déterminé la découverte des nombreux corps et sa part est très grande dans cette découverte...

Je crois que si nous étions disjoints en cette circonstance, cela étonnerait beaucoup de gens ? »

Extrait de la lettre de Pierre Curie au Comité Nobel de Physique, le 6 août 1903

Prix Nobel de Physique

Attribué à Pierre et à Marie Curie en 1903, pour « *leurs travaux concernant les phénomènes de radiations découverts par Henri Becquerel* ».



Prix Nobel de Chimie

Un second Prix Nobel, de Chimie, sera attribué en 1911 à Marie Curie, « *en reconnaissance des services rendus au progrès de la chimie par la découverte du polonium et du radium, par l'isolation du radium, et par l'étude de la nature et des composées de ce remarquable élément* ».



Décès de Pierre Curie

Le jeudi 19 avril, Pierre assiste à l'assemblée générale de l'Association des professeurs des facultés des sciences.

Il est environ quatorze heures, Pierre quitte ses collègues et descend à pied la rue Dauphine. Il marche sur le trottoir et décide de traverser la chaussée. Les voitures, à cet instant, sont nombreuses et Pierre Curie se met à courir. Soudain, les chevaux d'un énorme camion lui barrent le chemin. Dans son élan, Pierre vient heurter le cheval, perd pied sur le pavé glissant et tombe lourdement sur la chaussée.

Appelés, les docteurs Veillard et Drouet, procèdent aux premières constatations médicales et ne peuvent que confirmer le décès de Pierre Curie.

Décès de Pierre Curie

