

NUCLÉAIRE - VIII

HISTOIRE D'UNE PHOTOGRAPHIE

I. INTRODUCTION

Abandonnons temporairement la théorie, peut-être fort ardue pour certains. Je voudrais vous raconter l'histoire d'une photographie de groupe très célèbre dont j'ai pu acquérir un exemplaire. Elle est reproduite ci-dessous. Elle représente les différents protagonistes qui ont participé au **premier Conseil de Physique** en **octobre et novembre 1911**, organisé à Bruxelles. Belle brochette d'« amoureux de la physique » comme le dit **Marie CURIE**, dont onze Prix Nobel et futurs Prix Nobel.

Un agrandissement de ce document se trouve exposé dans un hall de l'hôtel Métropole situé à la place de Brouckère, à Bruxelles, car c'est dans cet établissement qu'il s'est tenu. Tous les Bruxellois ou gens de passage dans notre capital peuvent le contempler. Lorsque vous pénétrer dans l'hôtel par la porte à tourniquet et que vous vous dirigez vers les comptoirs au fond du hall, vous l'apercevrez à votre droite. Vous pourrez en obtenir une copie au format carte postale pour la modique somme de **0,50 €** en vous adressant au concierge.

II. ERNEST SOLVAY

L'initiative de ce **Conseil de physique** revient à **Ernest SOLVAY**, chimiste et industriel belge qui fonda un empire industriel mondialement connu sous son nom. Né à Rebecq-Rognon le **16 avril 1838**, il s'éteindra à Ixelles, le **26 mai 1922**, à l'âge respectable de 84 ans. Bien que d'un esprit curieux, une maladie l'empêchera d'entrer à l'université.

Il commencera sa longue carrière dans l'usine à gaz de son oncle, qui y élimine les résidus polluants que sont les eaux ammoniacales. Son esprit d'initiative l'amènera à réaliser de nombreux perfectionnements, notamment dans la récupération de l'ammoniaque. Son intuition et sa ténacité lui permettront de mettre au point un **procédé à l'ammoniaque** pour obtenir du carbonate de soude. Il comprit l'intérêt de sa découverte et prit un premier brevet le **15 avril 1861**. Soutenu par sa famille et aidé financièrement par **Eudore PIRMEZ**, il réalisera sa « **tour de carbonatation** », progrès technique déterminant dans son procédé. A la suite de nombreuses démarches, il lança, à Couillet, la **fabrication industrielle du carbonate de soude** qui sera connu sous le nom de « **soude Solvay** » (**1865**). Ce produit remplace avantageusement le carbonate de sodium rare à l'état naturel. Dès lors, **Ernest SOLVAY** implante des usines là où l'on trouve du calcaire, de la houille et du chlorure de sodium, matériaux indispensables à son procédé. La **Société Solvay et Cie** prend une dimension internationale et devient l'un des géants de l'industrie chimique mondiale, ce qu'elle est toujours.

Ammoniac : composé gazeux d'azote et d'hydrogène (NH_3) à l'odeur piquante. **Ammoniaque** : solution aqueuse du gaz ammoniac.

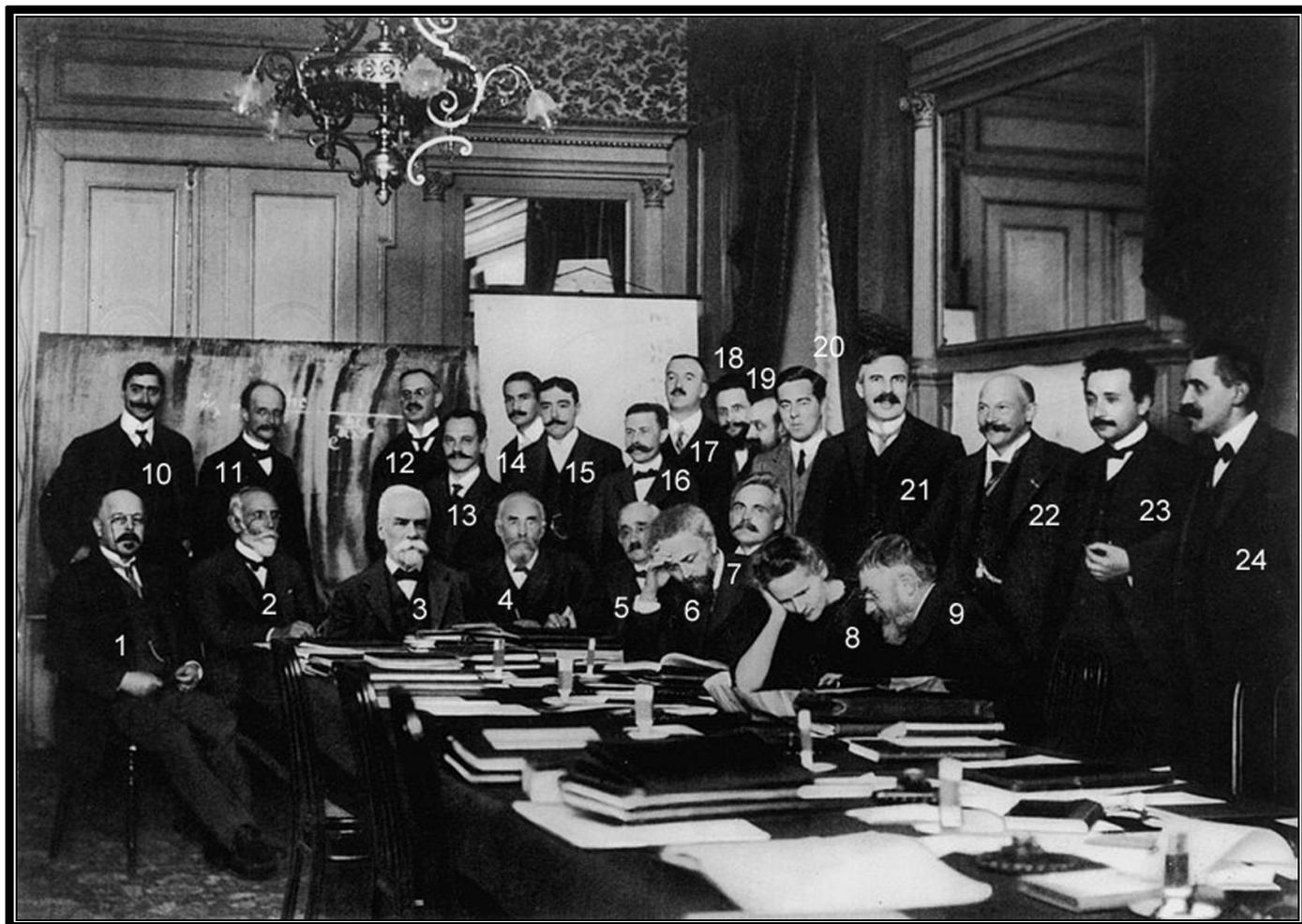


Fig. 64 – Les participants au premier Conseil de Physique en 1911, à Bruxelles

Assis : 1. Walther NERNST ; 2. Marcel BRILLOUIN ; 3. Ernest SOLVAY ; 4. Hendrik LORENTZ ; 5. Emil WARBURG ; 6. Jean-Baptiste PERRIN ; 7. Wilhem WIEN ; 8. Marie CURIE ; 9. Henri POINCARÉ

Debout : 10. Robert GOLDSCHMIDT ; 11. Max PLANCK ; 12. Heinrich RUBENS ; 13. Arnold SOMMERFELD ; 14. Frederick LINDERMAN ; 15. Maurice DE BROGLIE ; 16. Martin KNUDSEN ; 17. Friedrich HASENÖHRL ; 18. Georges HOSTELET ; 19. Edouard HERZEN ; 20. James JEANS ; 21. Ernest RUTHERFORD ; 22. Heike Kamerlingh ONNES ; 23. Albert EINSTEIN ; 24. Paul LANGEVIN.

Ernest SOLVAY, bien que dans la lignée des grands capitaines d'industrie du **XIX^e siècle**, prit des initiatives audacieuses dans le domaine social. Il fut l'un des premiers à instaurer un **système de retraite pour ses ouvriers (1899)**, à limiter le **temps de travail à huit heures** par jour (1908), à attribuer des **congés payés (1913)** et à imposer le **recyclage professionnel**. Il est à la base de nombreuses oeuvres sociales dont le **Comité national de Secours et d'Alimentation** qui joua un rôle important dans le ravitaillement de la Belgique durant la première guerre. Ses manifestations de mécénat et de philanthropie furent également multiples. On lui doit, notamment, l'**Institut de Physiologie et de Sociologie** de l'ULB, les **Instituts internationaux de Physique et de Chimie...**

Je pourrais m'étendre longuement sur les différents aspects de la personnalité de ce personnage hors du commun, cela nous écartait de notre sujet. Je préfère vous donner un aperçu de son procédé industriel.

III. LE PROCÉDE SOLVAY

Nous reprenons ci-dessous le texte du brevet déposé par E. SOLVAY.

« Fabrication industrielle des Carbonates de soude au moyen de sel marin, de l'ammoniaque & de l'acide carbonique.

Mon procédé consiste à transformer directement le sel marin (chlorure de sodium) en bicarbonate de soude au moyen de bicarbonate d'ammoniaque. Celui-ci peut être préparé par n'importe quelle méthode.

Soit en transformant, par la chaleur & à l'aide du carbonate de chaux, les différents sels ammoniacaux, secs ou en dissolution, en carbonates que l'on sature ensuite d'acide carbonique à l'état de siccité, d'humidité, de dissolution ou de vapeur ;

Soit en faisant arriver en présence l'un de l'autre, dans un vase clos, les gaz ammoniac & acide carbonique (ce dernier en excès), secs ou mélangés à de la vapeur d'eau, de façon à les faire combiné entre eux ;

Soit en faisant passer un courant d'acide carbonique dans une dissolution de carbonate d'ammoniaque neutre préparé par voie humide comme il est dit plus haut, ou bien en faisant arriver le carbonate d'ammoniaque neutre en vapeur dans de l'acide carbonique en excès ;

Soit en saturant d'acide carbonique une dissolution d'ammoniaque caustique.

Voici comment j'opère de préférence :

Dans une dissolution concentrée de sel marin contenue en vase clos, je fais arriver un courant de gaz ammoniac dans la proportion d'une partie en poids de celui-ci pour trois & demie de sel marin dissout. On peut juger quand cette quantité est absorbée par l'augmentation du volume de la dissolution.

Je sature ensuite d'acide carbonique cette double dissolution dans un appareil barboteur quelconque.

Le sel marin se précipite alors à l'état de bicarbonate de soude, & l'ammoniaque reste en dissolution sous forme de chlorhydrate.

Ce bicarbonate de soude précipité est ensuite séparé de la dissolution par décantation, mis à égouter (sic), lavé à l'eau claire & enfin pressé pour en retirer toute l'eau interposée.

On peut alors le sécher pour le livrer au commerce dans cet état, ou le convertir en carbonate neutre par la calcination dans une cornue faiblement chauffée. Le gaz acide carbonique qui se dégage dans ce cas est mis à profit pour une nouvelle opération.

Quant à la dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque elle sert à reformer de l'ammoniaque caustique, par son mélange avec de la chaux, lequel ammoniaque caustique se convertit bientôt encore en chlorhydrate, & ainsi de suite, si bien qu'il subirait indéfiniment les mêmes transformations si, dans les manipulations, il ne s'en perdait une petite quantité que l'on est obligé de remplacer.

Il est évident qu'en lieu de gaz ammoniac on peut introduire dans la dissolution de sel marin, de l'ammoniaque liquide (alcali volatil) ou l'un des carbonates de cette base ; ou bien placer le sel marin solide dans une dissolution d'ammoniaque caustique ou de carbonate : les autres opérations restent toujours les mêmes.

Je produis l'acide carbonique nécessaire à ces opérations par la calcination du carbonate de chaux dans une cornue ou dans un four à chaux ordinaire. Dans le dernier cas, c'est de l'acide carbonique mélangé d'azote & d'un peu d'oxide (sic) de carbone que l'on obtient, & l'on doit extraire ce mélange à l'aide d'un extracteur. En réglant le feu ou le tirage selon la quantité de gaz à produire & surtout en disposant d'un appareil barboteur méthodique plus que suffisant, on peut se passer de gazomètre.

La chaux fabriquée de cette façon est employée constamment pour la production du gaz ammoniac ainsi qu'il est dit ci-dessus.

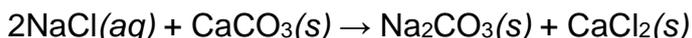
Quant aux eaux de lavage du bicarbonate de soude on les ajoute à celle qui sert à dissoudre le sel marin :

Je me réserve le droit de traiter mon résidu de chlorure de calcium par du sulfate de soude afin d'en retirer le chlorure de sodium nécessaire à cette fabrication & du sulfate de chaux employé dans le Commerce

Bruxelles, le quinze avril 1861. Solvay (Ernest Solvay). »

En fait, les réactions chimiques à mettre en œuvre étaient connues. Dès 1811, Auguste FRESNEL avait mis au point la théorie chimique de la fabrication de la soude à l'ammoniaque. Plusieurs chimistes s'étaient lancés dans l'industrialisation du procédé mais des difficultés techniques et des taxes importantes les firent échouer.

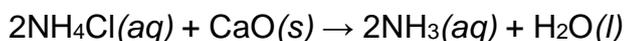
Le principe du procédé industriel est relativement simple, en voici l'équation bilan qui le décrit globalement :



Explication des différentes étapes :

1. Le carbonate est d'abord converti en hydrogénocarbonate par un processus qui commence la décomposition du carbonate de calcium par chauffage : $\text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$
2. Le dioxyde de carbone formé dans la réaction est transformé en acide carbonique par dissolution dans l'eau : $\text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3(aq)$
3. En pratique, puisque cette réaction se produit dans l'ammoniac aqueux, elle est accompagnée de la réaction acide-base de Brønsted qui conduit à l'hydrocarbonate :
 $\text{H}_2\text{CO}_3(aq) + \text{NH}_3(aq) \rightarrow \text{NH}_4^+(aq) + \text{HCO}_3^-(aq)$
La dernière étape commence par la réaction de précipitation par une saumure :
 $\text{NaCl}(aq) + \text{NH}_4\text{HCO}_3(aq) \rightarrow \text{NaHCO}_3(s) + \text{NH}_4\text{Cl}(aq)$
4. Bien que les sels de sodium soient solubles dans l'eau, cette réaction se poursuit parce que NaHCO_3 n'est pas très soluble dans le mélange réactionnel concentré. Le produit solide est retiré et transformé en carbonate de sodium anhydre par chauffage :
 $2\text{NaHCO}_3(s) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(s) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$
5. Le dioxyde de carbone est recyclé. Deux réactions acide-base consécutives sont utilisées pour régénérer l'ammoniac. D'abord la chaux produite par la décomposition du carbonate de calcium est éteinte : $\text{CaO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$. Dans cette réaction, l'eau agit comme un acide de Brønsted et O^{2-} comme une base. Puis l'ion OH^- de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ est utilisé comme une base avec l'ion NH_4^+ de la solution de NH_4Cl : $\text{NH}_4^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \rightarrow \text{NH}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$

Globalement, la réaction de récupération de l'ammoniac est :



Avantages du procédé Solvay

1. Les matières premières utilisées sont abondantes dans la nature et faciles à extraire :
 - le NaCl est récupéré dans l'eau de mer ;
 - le CaCO_3 se trouve sous forme de roche (la craie).
2. L'eau, composant à relativement bon marché, est recyclable.
3. Le CO_2 est également recyclé.
4. Le NH_3 introduit dans la réaction de production de l'hydrocarbonate de sodium est ensuite récupéré et réinjecté dans le cycle.

Utilisation de la soude Solvay

Le Na_2CO_3 intervient dans la fabrication du verre (le verre sodo-calcique représente 90% de la production) et du savon. Il est aussi employé dans la fabrication de la céramique et dans la réduction en pulpe du bois pour le papier. On l'utilise, dans l'industrie pétrolière, comme adoucissant et décapant dans les composés de lavage. Mélangé au sel il sert de fondant de la neige sur les voies de communication.

IV. LE CONSEIL DE PHYSIQUE DE 1911

Nous avons vu que ce premier **Conseil de Physique** s'est tenu **du 30 octobre au 3 novembre 1911** dans une des salles de l'Hôtel Métropole à Bruxelles. Cet aréopage sera suivi d'autres jusqu'en début de la **guerre 1940-1945**, sous les auspices de l'**Institut international de Physique Solvay**. Le thème principal débattu lors de cette assemblée portait sur « **la Théorie du rayonnement et les quanta** ». On y discuta du corps noir et des quanta, des atomes, des principes de la thermodynamique, du chaos et de la relativité. Ces nouveaux concepts étaient considérés avec méfiance par l'ancienne génération de savants. **EINSTEIN** y fait une entrée discrète.

Le **deuxième Conseil** se tiendra **en octobre 1913** avec pour thème « **la Structure de la matière** »; le **troisième en avril 1921** (**Atomes et électrons**); le **quatrième en avril 1924** (**Conductibilité électrique des métaux et problèmes connexes**); le **cinquième en octobre 1927** (**Electrons et photons**); le **sixième en octobre 1930** (**le Magnétisme**); le **septième** et dernier avant la guerre, **en octobre 1933** (**Structure et propriétés des noyaux atomiques**).

Quelle fut l'importance réelle de ces réunions. **Didier DEVRIESSE**, archiviste de l'ULB souligne :

« Il n'était pas de coutume à l'époque que les scientifiques voyagent comme ils le font maintenant. Et le fait que les meilleurs parmi les meilleurs aient ainsi été conviés par Solvay a réellement donné un essor fantastique à une discipline qui, au XIX^e siècle avait un peu été éclipsée par la chimie »

On peut dire sans conteste que le **XX^e siècle** fut, à Bruxelles, le **siècle de la physique**.

Les Conseils reprendront après la guerre. Ainsi, le **onzième** se tiendra **en 1958**.

A titre d'anecdote j'ajouterai qu'une deuxième photographie de groupe est également accrochée sur l'un des pans de mur de l'Hôtel Métropole près des ascenseurs. Il s'agit cette fois du **XX^e Conseil international de Chimie Solvay** qui s'est tenu **en 1995** sous l'égide du Professeur **Ilya PRIGOGINE**, prix **Nobel de Chimie**, **1977**. Elle représente 56 des plus prestigieux chimistes de notre époque.

En 1979, l'**Académie royale de Belgique** a fêté le centenaire de la naissance d'**EINSTEIN**. A cette occasion, **André L. JAUMOTTE**, Président de l'ULB fut chargé d'examiner les rapports entre le savant et les Conseils de physique Solvay. En parcourant les actes de ces colloques il fut frappé par trois faits particuliers :

1. Le **Conseil de 1911** est parmi les premières réunions internationales dans le domaine de la physique, alors que le **premier congrès de chimie** remonte à **1860** et celui de

mathématique à 1897. Il eut bien un congrès international de physique à Paris du 6 au 12 août 1900.

2. L'extraordinaire clarté et la qualité d'écriture des communications qui furent publiées à la suite de ceux-ci.
3. L'utilisation unique de la langue française pour ces actes. Le premier publié en anglais fut celui du Conseil de 1969. Depuis, l'anglais a pris une emprise prépondérante dans la communication.

Les scientifiques belges ont de plus en plus tendance à publier leurs articles en anglais au préjudice de la langue française. Il est regrettable d'en arriver là (sentiment personnel) !

De plus A. JAUMOTTE attire l'attention sur l'évolution de la découverte en physique. Au départ, la France, l'Allemagne et la Grande-Bretagne jouent un rôle prépondérant, malgré le poids de H. LORENTZ, physicien néerlandais. La première guerre mondiale va provoquer une coupure avec le monde scientifique allemand qui ne sera effacée qu'en 1927. Malheureusement, la montée du nazisme sera à l'origine de la fuite des savants d'origine juive, entraînant une coupe sombre dans le milieu. A partir de 1945, on verra la prédominance progressive de la physique américaine, à la suite du programme Manhattan dont je parlerai ultérieurement.

V. LES DIFFERENTS PARTICIPANTS

Comment présenter ces différents personnages : par ordre alphabétique, par discipline ou selon leur place sur la photo ? J'opte pour la dernière proposition, en commençant par ceux qui sont assis, de gauche à droite, puis par ceux qui sont debout à l'arrière. .

Parmi les 24 personnalités reprises sur cette photographie, il en est plusieurs que nous avons déjà rencontrées dans les différents chapitres qui constituent ce dossier.

NERNST Walter Hermann (° 25-6-1864, Briesen, aujourd'hui Warbrzezno, en Pologne – † 18-11-1941, près de Muskau). Ce chimiste physicien allemand, fit ses études aux universités de Zurich, Berlin, Graz et Wurtzbourg. Après avoir été l'assistant d'OSTWALD en 1887, il fut nommé professeur à l'université de Göttingen, puis professeur de physique à l'université de Berlin en 1905 et devint plus tard le directeur de l'Institut de physique expérimentale de Charlottenburg (Berlin).



Fig. 65 – Walter Nernst

En 1925, il fut nommé directeur de l'Institut de physique de l'université de Berlin. Il est surtout connu pour ses contributions dans le domaine de la thermodynamique. En 1906, NERNST montra qu'au voisinage de 0°K , les chaleurs spécifiques et les coefficients de dilatation tendent vers zéro ce qui donna lieu à la troisième loi de la thermodynamique, également connue sous l'expression « principe de Nernst – Planck ». Celui-ci stipule que l'entropie d'un corps pur est nulle au zéro absolu. Cette loi fut notamment utile dans le développement de la théorie quantique, concernant la structure et l'énergie de l'atome. Il entreprit également de nombreux travaux sur les cellules électrolytiques, la thermodynamique de l'équilibre ainsi que sur la photochimie et les propriétés des solides aux basses températures.

NERNST développa une lampe électrique, appelée la lampe Nernst, plus efficace que les anciennes lampes à arc à électrodes de charbon, mais qui fut détrônée par les lampes modernes à filament. Il apporta des contributions remarquables à l'étude des équilibres chimiques et à la théorie des solutions, en particulier en ce qui concerne la nature des

électrolytes. Il mena aussi d'importantes recherches sur les substances à des températures extrêmement basses. **Prix Nobel de chimie en 1920.**

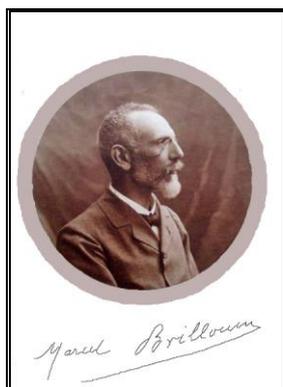


Fig.66 – Marcel Brillouin

BRILLOUIN Louis Marcel (° 19-12-1854, St-Martin-lès-Melle, Deux-Sèvres - † 16-6-1948, Paris), physicien français. Il occupa la chaire de physique mathématique au **Collège de France jusqu'en 1932**, fut membre de l'**Académie des Sciences (1921)**. Il est l'auteur de nombreux travaux sur la structure des solides, sur la radiotélégraphie et la relativité. Il publia de nombreux ouvrages dont : « *Recherches sur la structure des cristaux et l'anisotropie des molécules* », « *Travaux sur la relativité : les points singuliers de l'univers d'Einstein* ». Il fit traduire en français les « *Leçons sur la théorie cinétique des gaz* » de **MAXWELL**.

LORENTZ Hendrick Anton (° 18-07-1853, Arnhem - † 04-02-1928, Haarlem), physicien néerlandais. Est à la base de la **théorie électronique de la matière**. Il étudia le comportement individuel des électrons et compléta la **théorie de Maxwell**. Il interpréta le résultat négatif de l'**expérience de Michelson** et établit les formules de transformation liant deux systèmes en mouvement rectiligne uniforme l'un par rapport à l'autre. **Prix Nobel de physique en 1902.**

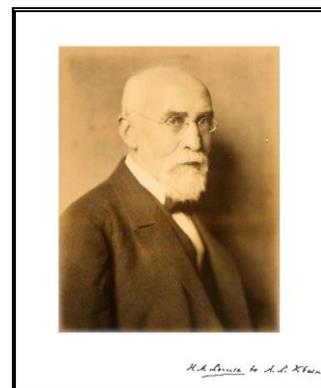


Fig. 67 – Hendrick Lorentz

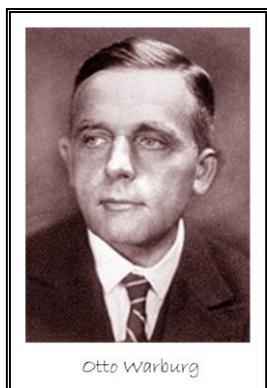


Fig. 68 – Otto Warburg

WARBURG Otto Heirich (° 08-10-1883, Fribourg-en-Brigau - † 01-08-1970, Berlin), biochimiste, physiologiste allemand. Reconnu pour ses **recherches sur les enzymes des oxydations cellulaires** en particulier dans les chaînes respiratoires. Dans une série d'articles publiés **entre 1911 et 1919**, **Otto Waeburg** (Kaiser Wilhelm Institute for Biology, Berlin) définit la notion de rendement quantique, base de la photochimie expérimentale. Il est également un des pionniers dans l'étude de la photosynthèse et du rôle de la chlorophylle dans la réduction de CO₂ en glucose (1926). **Prix Nobel de Physiologie, en 1931.**

PERRIN Jean-Baptiste (° 30-09-1870, Lille - † 17-04-1942, New York), physicien français. **En 1895**, il montra que le rayonnement cathodique correspond à un flux de corpuscules d'électricité négative. Il étudia le mouvement perpétuel et spontané des particules dans un liquide et un gaz, détermina le nombre d'Avogadro de plusieurs façons apportant la preuve de l'existence des atomes. Il expliqua le rayonnement solaire par des réactions thermonucléaires de l'hydrogène. **En 1937**, il fonda le **Palais de la Découverte à Paris**. **Prix Nobel de physique en 1926.**

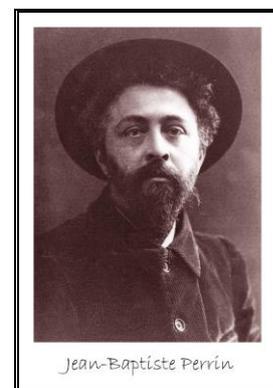
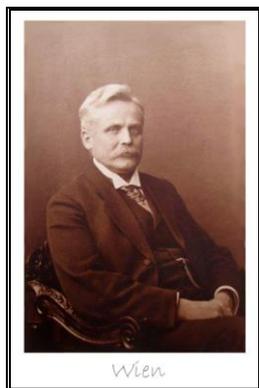


Fig. 69 – Jean-Baptiste Perrin



WIEN Wilhelm (° 13-01-1864, Fischhausen - † 30-08-1928, Munich), physicien allemand. Il étudia l'action des champs électriques et magnétiques sur les rayons positifs et établit en 1893, à partir de la formule de Planck, la loi indiquant la répartition en fréquence des radiations émises par le « corps noir » (loi de déplacement de Wien) Celle-ci relie la température d'un corps à sa luminance spectrale, en d'autres mots, une température à une longueur d'onde. La puissance rayonnée par unité de surface pour une fréquence Z donnée d'un corps noir, à une température T , est maximale pour une fréquence Z_m telle que : $Z_m/T = 58,79 \text{ GHz.K}^{-1}$. On lui doit aussi le « pont de Wien », base de nombreux oscillateurs. Prix Nobel de physique en 1911.

Fig. 70 – Wilhelm Wien

CURIE Marie (° 7-11-1867, Varsovie - † 04-07-1934, Sancellemoz, Haute-Savoie), physicienne française d'origine polonaise, née SKLODOWSKA. Elle arriva à Paris en 1892, épouse Pierre CURIE en 1895. C'est la première femme titulaire d'une chaire à la Sorbonne. Elle identifia, en 1898, avec son mari le Polonium et isola le radium avec A. DEBIENNE en 1910. Ces deux éléments sont des corps radioactifs contenus dans le minerai d'Uranium. Elle mourut d'une "anémie pernicieuse aplasique à marche fébrile" (selon le communiqué officiel) résultant de l'accumulation des radiations radioactives. Il s'agit en fait d'une leucémie.

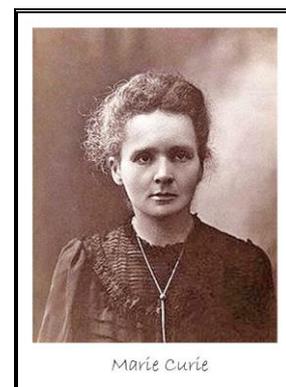


Fig. 71 - Marie Curie

Malgré son état de santé qui se dégradait, Marie CURIE assista à tous les Conseils qui se tinrent avant la guerre. En 1933, quelques mois avant sa mort, elle était accompagnée de sa fille Irène et de son beau-fils Frédéric JOLIOT. Ses restes et ceux de Pierre ont été transférés au Panthéon en 1995. Prix Nobel de physique en 1903 (avec son mari) puis en chimie en 1911 (seule).

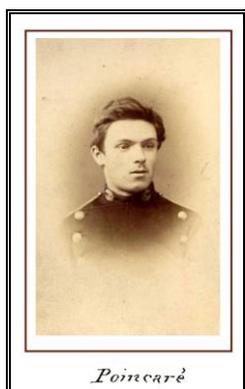


Fig. 72 – Henri Poincaré

POINTCARRE Henri (° 29-04-1854, Nancy- † 17-07-1912, Paris), mathématicien français. Il fit connaître la découverte des rayons X par ROENTGEN et incita Henri BECQUEREL à faire des recherches. Il se distingua par ses études sur les fonctions des variables complexes, sur la topologie algébrique, les équations différentielles, les équations aux dérivées partielles, la physique mathématique, la mécanique céleste. Certains de ses travaux en font un précurseur de la théorie du chaos. Il est l'auteur de nombreuses publications. Il s'intéressa aux fondements des mathématiques en adoptant un point de vue intuitionniste. Ses derniers ouvrages seront consacrés à la philosophie des sciences. Membre de l'Académie française.

Intuitionnisme : doctrine des logiciens néerlandais HEYTING et BROUWERS, selon laquelle on ne doit considérer en mathématique que les entités qu'on peut construire par l'intuition.

GOLDSCHMIDT, Victor Moritz (° 27-01-1888, Zurich - † 20-03-1947, Oslo). Ce géologue, minéralogiste et spécialiste des roches ignées et métamorphiques, norvégien d'origine suisse, est l'un des **fondateurs de la géochimie moderne**. Il a jeté les bases de la cristallographie minérale et établi une classification des éléments chimiques selon leurs affinités. De 1923 à 1938, il publia les huit volumes de sa fameuse « *Geochemisch Verteilungsgesetze der Elemente* » (Lois géochimiques de la distribution des éléments).

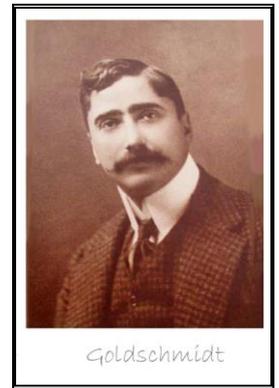


Fig. 73 – Victor Goldschmidt

Pour les lecteurs minéralogistes relevons qu'en 1931, il observe que l'analogie de la forstérite dans laquelle le germanium remplace le magnésium était dimorphe à la fois des structures olivines et spinelles.

PLANCK Max (° 23-04-1858, Kiel - † 04-10-1947, Göttingen), physicien allemand. Il effectua des études de mathématiques à Munich. Il se fit connaître par ses travaux sur les conditions d'équilibre thermique du rayonnement électromagnétique et établit la **loi spectrale du rayonnement d'un « corps noir »**. En 1900, il émit l'hypothèse que les échanges d'énergie se faisaient par « grains » appelés « **quantum d'énergie** ». Celle-ci remet en cause la conception classique de l'atome et sera à la base de la **mécanique quantique**. Il établit la formule $E = h\nu$ dans laquelle h est une constante qui porte son nom (la **constante de Planck**) et qui vaut $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ joules-sec.

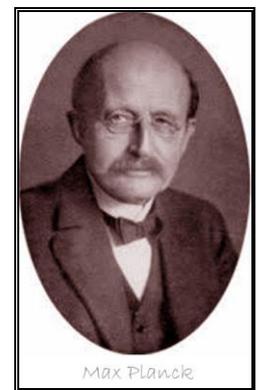


Fig. 74 - Max Planck

Il fut directeur de l'Institut de physique théorique de Berlin. **Max PLANCK** restera en Allemagne pendant la guerre, où il connaîtra une suite de drames : sa femme mourut très jeune, un de ses fils disparut au front, ses deux filles décédèrent lors de leurs accouchements. Un fils issu de son second mariage sera fusillé par les Allemands, après une tentative d'assassinat d'**HITLER**. Sa maison sera bombardée par les alliés en 1945 et il sera recueilli par une mission américaine. **Prix Nobel de physique en 1918**.

RUBENS Heinrich, (° 30-03-1865, Wiesbaden – † 17-07-1922, Berlin) physicien allemand. Il fut l'élève de **Max PLANCK** et s'attaqua avec lui au difficile problème du **rayonnement du « corps noir »**, sur base des travaux des thermodynamiciens **CLAUSIUS** et **MAXWELL**. En 1900, il partagea avec son maître, la découverte sur la queue infrarouge du spectre du « corps noir », montrant que la densité spectrale était proportionnelle à la température absolue.



Fig. 76 – Heinrich Rubens

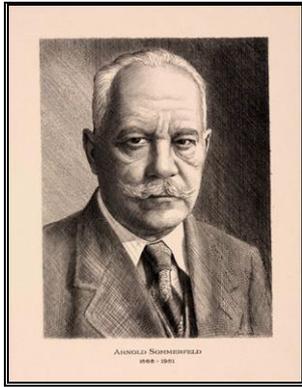


Fig. 77 – Arnold Sommerfeld

SOMMERFELD Arnold (° 05-12-1868, Königsberg, alors rattachée à la Prusse, aujourd'hui Kaliningrad, en Russie - † 26-04-1951, Munich), physicien théoricien allemand. Il étudia les mathématiques et les sciences naturelles à l'université de Königsberg et occupa successivement les **chaires de mathématiques à Clausthal (1897)**, de **mathématiques appliquées à Aachen (1900)** et de **physique théorique à Munich (1906-1931)**. En 1897, il commença, avec **C.F.KLEIN**, un traité en quatre volumes sur le gyroscope, qu'il mit treize ans à terminer et, à la même époque, fit également des recherches dans d'autres domaines de physique appliquée et d'ingénierie, comme la friction, la lubrification et la radio.

Il joua un rôle important lors des **premiers développements de la théorie quantique**. Il poussa plus loin la théorie atomique proposée par **Niels BOHR** afin de décrire de façon quantitative la **structure fine des lignes spectrales de l'hydrogène**, et appliqua la mécanique ondulatoire et les statistiques de **FERMI** pour étudier le comportement des électrons dans les métaux. Son livre intitulé « *Structure atomique et lignes spectrales* » (1919) devint par la suite un des classiques dans ce domaine. Parmi ses élèves, figurèrent **Peter DEBYE**, **Wolfgang PAULI** et **Werner HEISENBERG**.

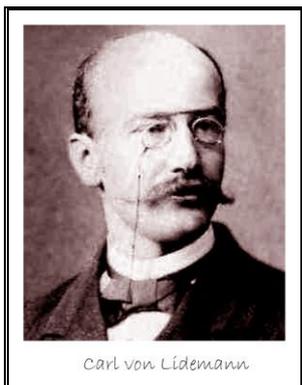


Fig. 78 – Carl von Lindemann

von LINDEMANN Carl, Louis, Ferdinand (° 12-04-1852, Hanovre - † 06-03-1939, Munich) mathématicien allemand. En 1882, à l'âge de 30 ans, il démontre la **transcendance du nombre π (1882)** entraînant l'impossibilité de la quadrature du cercle. Il basa sa preuve sur les travaux de deux autres mathématiciens : **Charles HERMITE** et **EULER**. En 1873, **HERMITE** montra que le **e** constant était transcendantal. Combinant ceci avec l'équation célèbre **$e^{i\pi} + 1 = 0$** d'**Euler** (sous cette forme, la formule d'Euler s'intitule **identité d'Euler**), où **e** est la base du logarithme népérien, **i** le nombre imaginaire (vérifiant **$i^2 = -1$**), et **π** est la constante d'Archimède **pi** (le rapport de la circonférence d'un cercle à son diamètre), **LINDEMANN** montra que le fait que **$e^x + 1 = 0$** exigeait de **x** d'être transcendantal.

¹Les nombres transcendants : Les nombres qui ne sont pas algébriques sont dits transcendants. Les nombres transcendants sont infiniment plus nombreux que les nombres algébriques.

de BROGLIE Maurice (duc de...) : (° 27-04-1875, Paris - † 14-07-1960, Neuilly-sur-Seine) physicien français. Il fit ses études au collège Stanislas à Paris et fut ensuite reçu premier à l'Ecole navale. Bien qu'appartenant à l'escadre de la Méditerranée, il poursuivit des études de physique. En 1902, il publia sa première communication à l'Académie des Sciences, sur l'application des galvanomètres thermiques à l'étude des ondes électriques.

Il abandonna la marine en 1904 et travailla quelques temps à l'observatoire de Meudon, puis au Collège de France, où il fut l'élève de Paul LANGEVIN. Docteur en science en 1908, avec sa thèse intitulée « Recherches sur les centres électrisés de faible mobilité dans les gaz ». Pendant la première guerre, il fut affecté à la station radiographique de Saintes-Maries-de-la-Mer. Il inventa un appareil permettant aux sous-marins de recevoir des signaux radio. Après la guerre, il se consacra à l'étude des rayons X. Il découvrit en 1921, l'effet photoélectrique nucléaire et les spectres corpusculaires des éléments, auxquels il donna son nom. En 1942, il succéda à son maître LANGEVIN à la chaire de physique générale du Collège de France. Membre de l'Académie française (24-05-1934).



Fig. 79 – Maurice de Broglie

KNUDSEN Martin (° 15-02-1871, Hasmark, Danemark - † 27-03-1949, Copenhague), physicien danois. Spécialiste des gaz à basses pressions, dont il établit les lois cinétiques. Il détermina un nombre (le nombre de Knudsen) qui représente le rapport du libre parcours moyen des molécules d'un gaz à la dimension du récipient dans lequel il se trouve (ou du trou par lequel il s'échappe). Dans l'étude de l'écoulement des gaz et des mouvements de convection qui s'y produisent, et par conséquent dans l'étude de leurs propriétés thermiques, il est nécessaire d'analyser séparément les cas où le nombre de Knudsen est inférieur ou supérieur à 1. Lorsque ce nombre n'est plus négligeable devant 1, on est en présence d'un gaz raréfié où la mécanique des fluides obéit à d'autres lois que les lois classiques. Il étudia également la diffraction moléculaire.

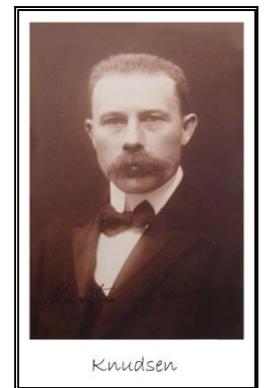


Fig. 80 – Martin Knudsen

En 1900, il développa des équations pour calculer la densité et la salinité de l'eau et, en 1901, mit au point une technique pour mesurer la salinité par titrage au nitrate d'argent de la chlorinité, c'est-à-dire des ions chlore, brome et iode. Il mit aussi en marche la production de l'eau normale de Copenhague, avec laquelle les instruments de mesure sont encore étalonnés. En 1921, Il développa le flacon Knudsen pour échantillonner l'eau et la température en profondeur. En 1950, JACOBSEN et KNUDSEN proposèrent l'argent pur comme norme fondamentale pour mesurer la salinité (ou la chlorinité).



Fig. 81 – Friedrich Hasenöhrl

HASENOHRL Friedrich (° 30-11-1874, Vienne - † 07-10-1915, Folgaria, Italie), physicien autrichien. Il étudie les sciences à l'université de Vienne en suivant les cours des professeurs Joseph Stefan et Ludwig Boltzmann. Il transmet l'enseignement de ce dernier à Erwin Schrödinger. Entre 1904 et 1905, Hasenöhrl calcule la pression de radiation dans une cavité fermée et établit une formule qui, s'il n'avait pas négligé l'effet de paroi, aurait pu amener à l'équation d'Enstein $E = mc^2$. Durant la première guerre mondiale, il s'engage volontairement dans l'armée austro-hongroise. Il est blessé sur le front du Tyrol et après sa guérison retourne au front. Il est tué par une grenade le 7 octobre 1915, à l'âge de 40 ans.

HOSTELET GEORGES (° 1875, Chimay - † 1960), sociologue, mathématicien et philosophe belge. Il entreprend les études d'ingénieur polytechnicien à l'**Ecole royale militaire de Belgique**, puis est reçu **docteur ès sciences physiques et chimiques** à l'**Université de Liège**, en 1905. La même année, il publie son « *Traité théorique et pratique d'Electrochimie.* ». Il trouve sa voie en tant qu'ingénieur dans l'**industrie chimique** et devient le collaborateur d'**Ernest Solvay**. De décembre 1914 à août 1915, **Hostelet** participe pécuniairement, aux côtés de l'infirmière anglaise d'**Edith Cavell**, à une filière d'exfiltration vers la Hollande de soldats anglais et volontaires belges. Il apporte également son concours au service de passage et de renseignement d'**Alphonse Buyl** et d'**Eugène Jacobs**. A la suite de l'arrestation de plusieurs membres du réseau Baucq-Cavell, il est également arrêté et condamné à une lourde peine d'emprisonnement par une cour allemande. Il purge sa peine à la prison de Rheinbach. Il est relâché en 1917 à la suite de l'intervention du couple de ses amis **Sternheim** et des physiciens **Max Planck** et **Emil Warburg**.

En 1925, il participe à la **mission franco-belge** en charge de l'**enseignement des sciences sociales** à l'Université du Caire. En 1932, il est nommé membre de l'**Institut international de statistique de la Haye**, ce qui, donne lieu à quelques-uns de ses travaux majeurs : « *Le concours de l'analyse mathématique à l'analyse expérimentale des faits statistiques* » (1938) ; « *L'emploi des indices dans les sciences sociales* » (1939).

En tant que philosophe, il donne, dès 1935, dans le cadre de la **Société française de Philosophie**, une série de conférences intitulée « *La Méthodologie scientifique de l'investigation des faits de nature et des faits d'activité humaine* ».

Il enseigne à l'**Université coloniale d'Anvers**, jusqu'en 1947 et écrit des textes sur le Congo belge et la colonisation.

HERZEN Edouard (° 1877, Florence - † 1936), chimiste belge, petit-fils de l'écrivain russe **Alexandre Herzen**. En 1902, il présente à la **Faculté des Sciences de l'Université de Lausanne**, une thèse sur les **tensions superficielles**. En 1921, il est nommé directeur de la **Section des Sciences physiques et chimiques de l'Ecole des Hautes Etudes de Bruxelles**. Il est l'un des scientifiques collaborateur aux congrès Solvay.

Après la mort d'**Ernest Solvay**, en 1922, **Édouard Herzen** entreprend un certain nombre de conférences pour commenter un film sur la relativité d'**Albert Einstein**. Le succès de ces conférences pousse le **roi Albert I^{er}** à assister à l'une de ces séances organisées par l'**Association des ingénieurs sortis de l'Université Libre de Bruxelles**.

En collaboration avec le physicien **Hendrik LORENTZ**, il publie, en 1924, une note à l'Académie des Sciences de Paris intitulée : « *Les rapports de l'énergie et de la masse d'après Ernest Solvay* ». La même année, il rédige l'ouvrage de vulgarisation *La Relativité d'Einstein*, qui paraît aux Éditions de la Nouvelle librairie de Lausanne.

JEANS James Hopwood (Sir) (° 11-09-1877, Southport - † 17-09-1946, Dorning, Surrey), astronome, mathématicien et physicien anglais. Il enseigne à **Cambridge**, puis, en 1904, à **Princeton**, les mathématiques appliquées. Il revient à **Cambridge** en 1910. Il se distingue dans plusieurs domaines de la physique, comme ceux de la **théorie des quanta**, de la **théorie du rayonnement** et de l'**évolution stellaire**. Après avoir démontré l'inexactitude de la **théorie cosmogonique** de **LAPLACE**, il élaborait une **théorie catastrophique** supposant la fragmentation de filaments de matière arrachée au Soleil par des forces de marée. Ses **travaux sur la dynamique stellaire** et sa **théorie sur la formation des planètes** ont été



Fig. 82 James Jeans

Il s'intéressa également au rayonnement du corps noir. Ce fut également un grand vulgarisateur scientifique.

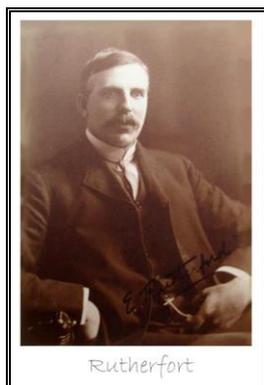


Fig. 83 – Ernest Rutherford

RUTHERFORD (Lord Rutherford of Nelson Ernest) (° 30-08-1871, Nelson, Nouvelle-Zélande - † 19-10-1937, Cambridge), physicien britannique. Il découvrit en 1899 la radioactivité du thorium. En 1903, avec SODDY, il établit la loi des transformations radioactives et distingue les rayons β et α (noyaux d'hélium). Il détermina à partir des rayons émis par les corps radioactifs la structure des atomes, et établit un nouveau modèle d'atome constitué d'un noyau et d'électrons satellites. Il découvrit le proton en 1919, et quelque temps plus tard, détermina la masse du neutron. Il réalisa la première transmutation avec les rayons α du radium. Prix Nobel de Chimie en 1908.

KAMERLINGH ONNES Heike (° 21-09-1853, Groningen - † 21-02-1926, Leyde), physicien néerlandais. Il fut le premier à liquéfier l'hélium. Il se fit connaître par ses études des phénomènes physiques au voisinage du zéro absolu et par sa découverte de la supraconductivité (1911). Prix Nobel de physique en 1913.

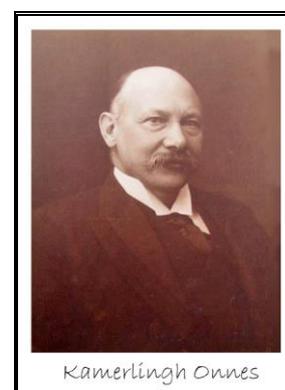


Fig. 84 – Heike Kamerlingh Onnes



Fig. 85 – Albert Einstein

EINSTEIN Albert (° 14-03-1879, Ulm - † 18-04-1955 Princeton), physicien suisse d'origine allemande, puis américain en 1940. Figure majeure de la science au XX^{ème} siècle avec ses apports à la physique moderne. Il développa la théorie du mouvement brownien, appliqua la théorie des quanta à l'énergie rayonnante et introduisit le concept de photon. Il est surtout connu pour sa théorie de la relativité restreinte (1905) et la théorie générale de la relativité (1916). Il établit la formule célèbre $E = mc^2$ qui montre l'équivalence masse – énergie. Prix Nobel en 1905 puis en 1921 pour la découverte des lois régissant l'effet photoélectrique. De confession juive, il dut fuir son pays en 1933 persécuté par les nazis.

Il cosigna une lettre adressée au président ROOSEVELT qui lança les recherches sur les armes nucléaires. Après la guerre, il milita contre la prolifération de l'arme nucléaire qu'il avait, par la théorie, contribué à fabriquer.

LANGEVIN Paul (° 23-01-1872, Paris - † 19-12-1946, Paris), physicien français. En 1888, il fut élève à l'Ecole municipale de Physique et de Chimie Industrielle (EPCI). Ensuite, en 1893, il entra à l'Ecole Normale supérieure, rue d'Ulm. En 1897, il sera agrégé de Sciences physiques et boursier à la Ville de Paris au *Cavendish Laboratory* de Cambridge. En 1898, il signera une pétition en faveur de DREYFUS. Préparateur à la Faculté des Sciences de Paris en 1900 ; professeur remplaçant au Collège de France en 1902 ; professeur suppléant au Collège de France en 1903 ; professeur titulaire au Collège de France (chaire de Physique générale et expérimentale) en 1909. En 1915, il sera mobilisé au 30^{ème} régiment d'Infanterie de Chartres.



Fig. 86 – Paul Langevin

Puis en 1917, il sera affecté au **Bureau des Inventions** : ses travaux sur les ultrasons ont permis notamment de mettre au point la **technique de recherche dite SONAR des sous-marins** au cours de la Première Guerre mondiale.

En 1920, il devint **directeur scientifique du « Journal de Physique »**. En 1921, il fut nommé au **Comité Scientifique des Conseils de Physique Solvay**, dont il devint président en 1928. Il sera détenu à la Santé du 30 octobre au 7 décembre 1940, puis mis en résidence surveillée à Troyes, jusqu'en 1944, à cause de ses opinions antifascistes. Il s'évada en Suisse. Retour en France avec une escorte de FTP. Adhésion au Parti Communiste Français.

Paul LANGEVIN est connu pour ses **travaux sur les ions**, le **magnétisme dans les gaz**, la **thermodynamique** et la **relativité générale**. C'est un vulgarisateur des théories de la relativité et de la physique quantique.



Figure 87- Ernest SOLVAY
Dessin publié dans Le Journal des étudiants de l'Université de Bruxelles.
08.01.1893.