

RÉMY MOSSERI

UN SAVANT,
UNE ÉPOQUE



LÉON BRILLOUIN

À LA CROISÉE DES ONDES

BELIN

Léon Brillouin 1889-1969

Précurseurs de **Brillouin-Sommerfeld**

Effet **Brillouin**

Méthode **Brillouin-Wentzel-Kramers**

Statistiques de **Brillouin**

Fonctions de **Brillouin**

Règles de **Einstein-Brillouin-Keller**

Zones de **Brillouin**

Méthode perturbative de **Brillouin-Wigner**

Théorème de **Brillouin**

Miroirs **Brillouin**

Solitons **Brillouin**

Flot **Brillouin**

Laser **Brillouin**

...



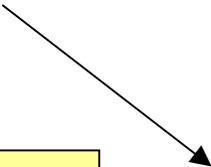
J. Bertrand



Paul Appell



Marguerite Appell
Emile Borel



Charles Briot
1817-1882



Mathilde Briot
Emile Duclaux
1840-1904

Fanny Briot 1843-1910
Eleuthère Mascart
1837-1908

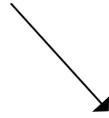
Marie Andrault
Georges Brillouin
1817-1893



Jacques Duclaux
1877-1978
Berthe Appell

Mathilde Mascart
1866-1951
Marcel Bertrand
1847-1907

Charlotte Mascart
1867-1946
Marcel Brillouin
1854-1948



Léon Brillouin
1889-1969
Stéfa Prussak
1890-1966

Jacques Brillouin
1892-1971

Madeleine Brillouin
1894-1978



Isabelle Brillouin
1913-2003
Gilbert Boris



Eleuthère Mascart 1837-1908

Collège de France 1872-1908

Chaire de Physique Expérimentale..

Optique

Spectroscopie

concours de l'Académie (relativité)

relations arithmétiques dans les

spectres

Électricité

Congrès de Paris 1881- unités

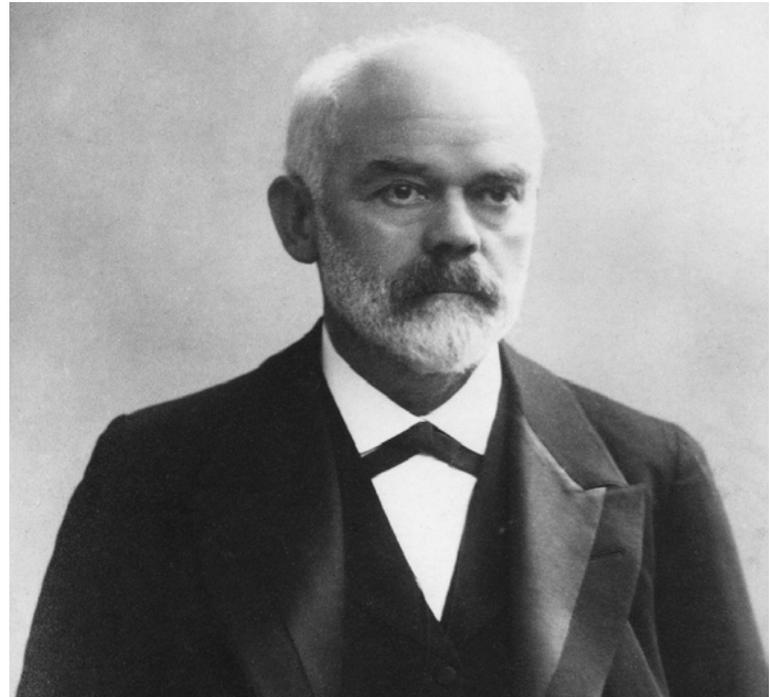
électriques

École Supérieure d'Électricité

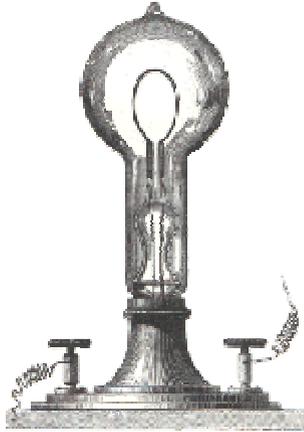
Météorologie

Magnétisme terrestre

Physique du Globe



Le congrès de Paris sur l'électricité (1881)



The International Niagara Commission (1891)



THE INTERNATIONAL NIAGARA COMMISSION

1890—London—1891

3—SIR WILLIAM THOMSON, LL.D., F.R.S.
President

(Lord Kelvin)

1—PROF. E. MASCART

4—DR. COLEMAN SELLERS

2—PROF. W. C. UNWIN, *Secretary*

5—COL. THEO. TURRETTINI

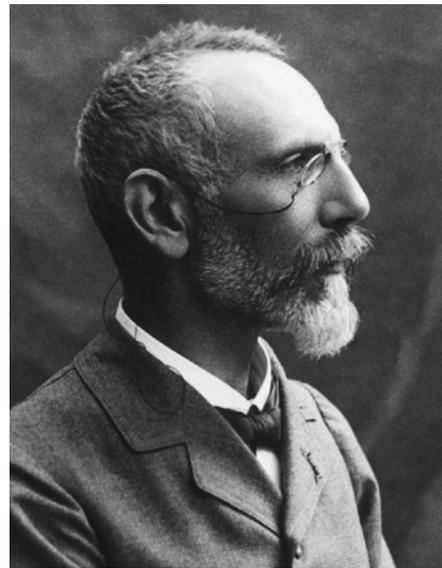
Marcel Brillouin 1854-1948

Collège de France 1900-1931

Chaire de Physique Générale et Mathématique

Le véritable précurseur de la mécanique ondulatoire...

L. de Broglie(1927)



Travaux

Atomisme

Plasticité des Solides

Hydrodynamisme

Irréversibilité

Relativité

Physique du Globe

Physique Quantique:

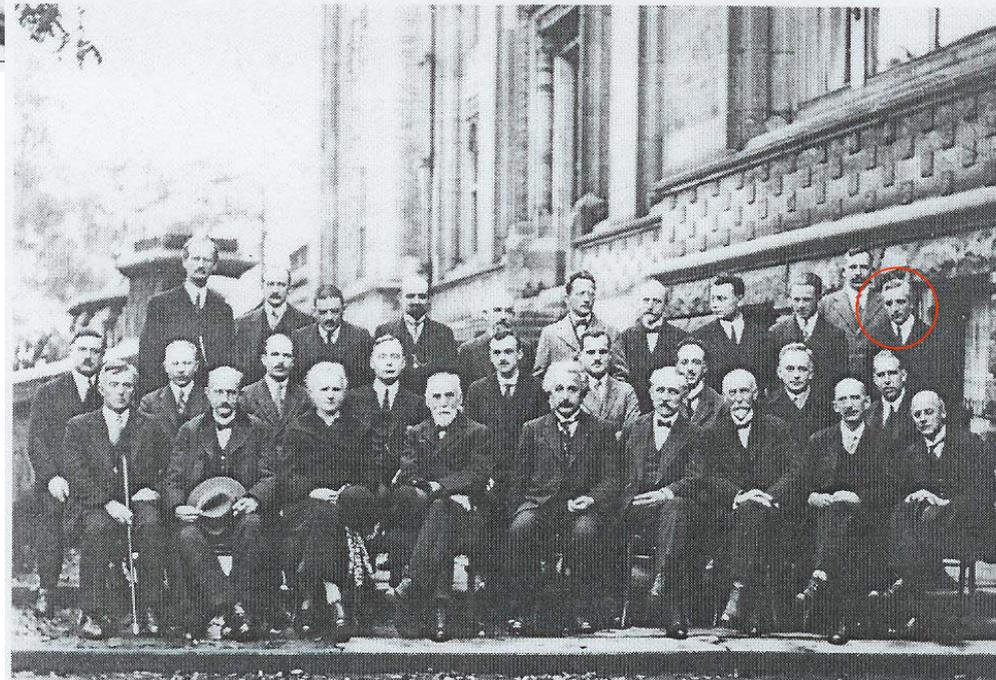
Quantification des orbites \leftrightarrow onde associée



Congrès Solvay 1911



Congrès Solvay 1927



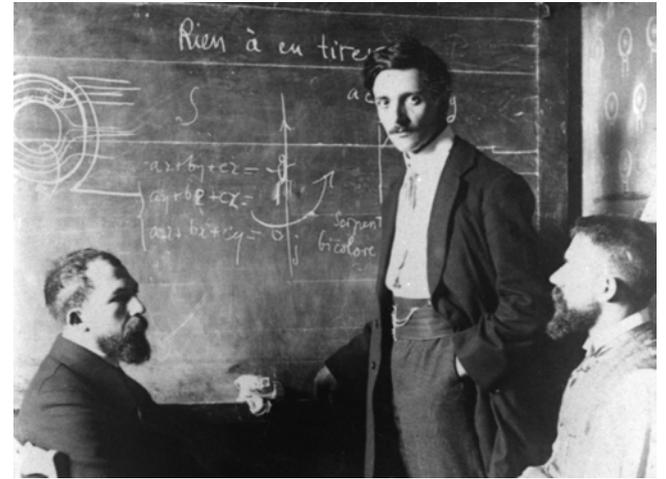
Léon Brillouin 1889-1969

1912 Diplôme d'Études (E.N.S.)

(avec Jean Perrin)

Diffusion dans les émulsions

Bleu du ciel



1913 Munich (avec Sommerfeld)

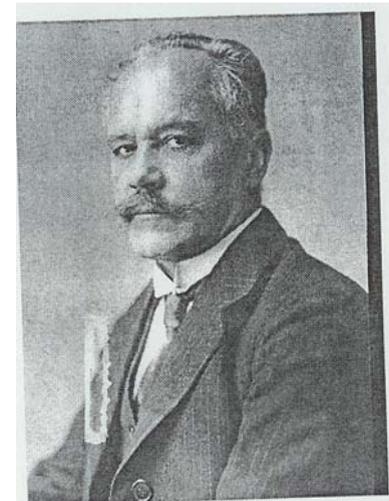
Propagation des ondes en milieu dispersif

1914 Début de la thèse

Physique du solide

1914 Mobilisation

Labo Central de Radiotélégraphie Militaire



A. Sommerfeld

1914 : Laboratoire Central de Radiotélégraphie Militaire

avec

- Maurice de Broglie
- Louis de Broglie
- M. Abraham
- Eugène Bloch

...

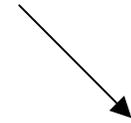
*Amplificateurs,
radio-guidage,
antennes,
brouillage*

Laboratoire de la Marine (Toulon)

↳ distinction: *légion d'honneur*



colonel Ferrié



*Laboratoire
des Invalides*

*Station de
transmission*

Léon Brillouin

Thèse (1920): *La théorie des solides et les quantas*

Gaz

atomes, molécules
Gaz parfait
Équation d'état
 $f(p, V, T, \dots)$

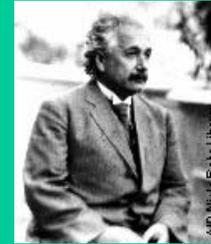


Solides

vibrations, phonons
Solide idéal
Équation d'état

- Einstein *Chaleur spécifique*
- Debye *Onde dans milieu continu*
- Laue, Bragg *Structure atomique des cristaux*
- ↳ Born, Von Karman *spectre des phonons*
- *pression de radiation, anharmonicité*
- ↳ *théorie des tenseurs*
- *Rôle des électrons !!*

Einstein



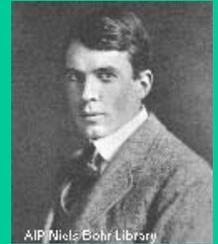
Debye



Laue



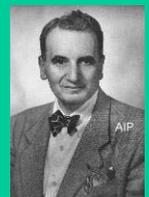
W.L. Bragg



Born



von Karman



Du bleu du ciel à l'effet Brillouin

Bleu du ciel

- Tyndall(1869)
particules en suspension
- Rayleigh
inhomogénéités

Opalescence critique

- Smoluchowski (1908)
fluctuations de densité
- Einstein (1910)
inhomogénéités



• Léon Brillouin

Mouvement brownien
• J. Perrin (*Avogadro*)

• Munich(Laue, P. Debye)

↪ **Effet Brillouin: *Interaction lumière ↔ solide***

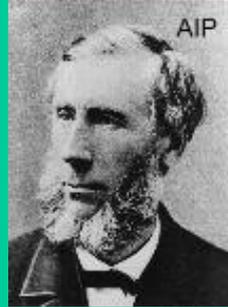
Prédiction théorique : 1922

Observations expérimentales:

1930 Gross

1932 Debye-Sears et Lucas-Biquard

Tyndall



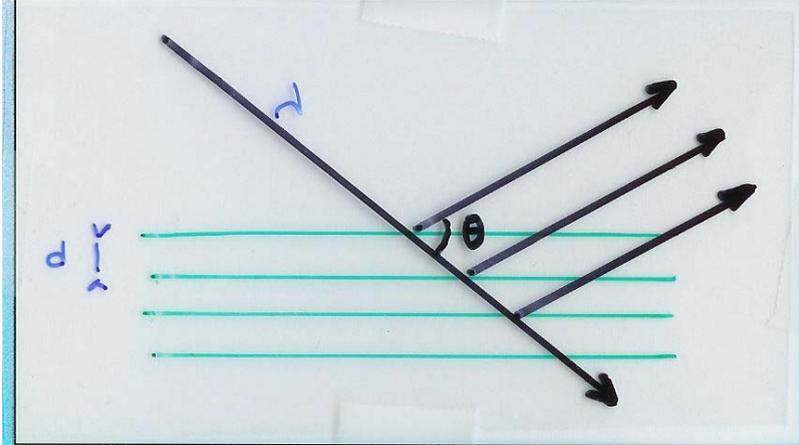
Rayleigh



Jean Perrin



Effet Brillouin

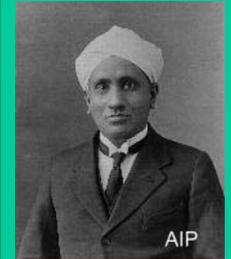
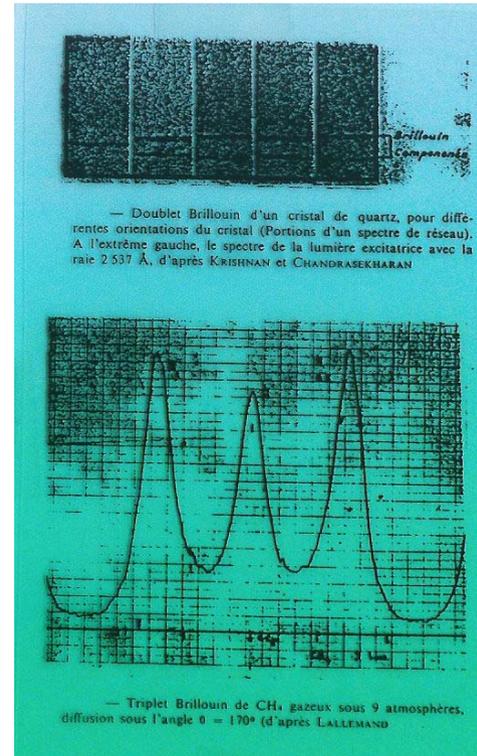


Loi de Bragg
 $2d \sin(\theta/2) = n\lambda$

- Phonons → modulation périodique de l'indice du matériau
- Train d'ondes progressives + effet Doppler
 ↳ Formule de Brillouin:

$$\Delta f/f = \pm 2 (V_q/V_l) \sin(\theta/2)$$

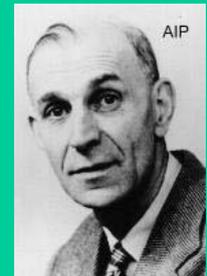
- Outil puissant en physique des solides
- Renouveau (~60) avec les lasers
effets Brillouin (et Raman) stimulés
- Optique non-linéaire:
miroirs et solitons Brillouin



Raman



C. Townes



A. Kastler

La révolution quantique

1900 Planck, quantification
1905 Einstein, photon
1913 Bohr, atome
1915 Sommerfeld
1921 Stern et Gerlach, expérience
...
1923 de Broglie, hypothèse ondulatoire
1924 Pauli, principe d'exclusion
1925 Heisenberg, Born, Jordan:
mécanique matricielle
1926 Schrödinger, équation
Born: interprétation probabiliste
1928 Dirac, cas relativiste



M. Planck



N. Bohr



L. de Broglie



E. Schrödinger



P.A.M. Dirac



Uhlenbeck, Pauli et Goudsmit



M. Born et W. Heisenberg

La « nouvelle mécanique » Copenhague, Munich, Göttingen, Leipzig et... Paris?

Léon Brillouin:

- discussions avec Louis de Broglie
- livre (1923): *La théorie des quanta et l'atome de Bohr*
- accueil très favorablement la mécanique matricielle
- accueil avec plus d'enthousiasme encore le travail de Schrödinger

1926

- Méthode BWK
Brillouin-Wentzel-Kramers
- Règles de quantifications
EBK Einstein-Brillouin-Keller
- Fonctions de Brillouin
paramagnétisme

1927

Statistiques quantiques

Physique du Solide

1896 électron (J.J. Thomson)
1900 théorie de la conduction (Drude)
1906 corrections (Lorentz)
1907 chaleur spécifique (Einstein)
1911 Radiocristallographie (Laue)
1912 chaleur spécifique (Debye)
spectre de phonons (Born, von Karman)
1922 effet Brillouin (prédiction)

1926 paramagnétisme (Pauli)
1927-28 conduction (Sommerfeld):
1928 théorème de Bloch
1929 électrons presque libres (Peierls, ...)
1930 théorie des zones (Brillouin)
1931 Wilson
1933 Sommerfeld-Bethe (Handbuch der Physik)



J.J. Thomson



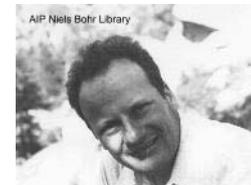
E. Fermi
W. Heisenberg
W. Pauli



Placsek, Wick, F.
Bloch, Weisskopf
R. Peierls W.
Heisenberg



L. Landau



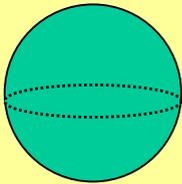
Hans Bethe

Zones de Brillouin (1)

États électroniques dans la matière

Atomes

→ Symétrie sphérique



Harmoniques sphériques
États s, p, d, ...

Niveaux discrets

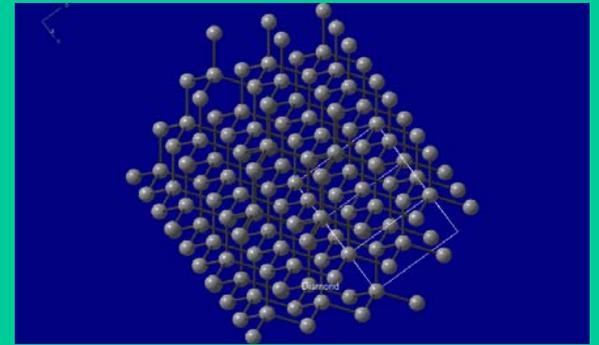
2p _____

2s _____

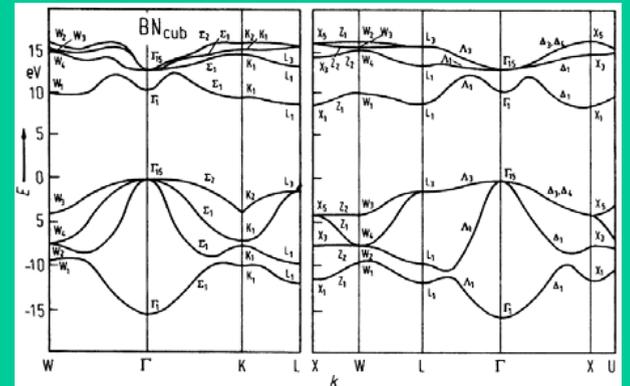
1s _____

Cristaux

→ Symétrie de translation



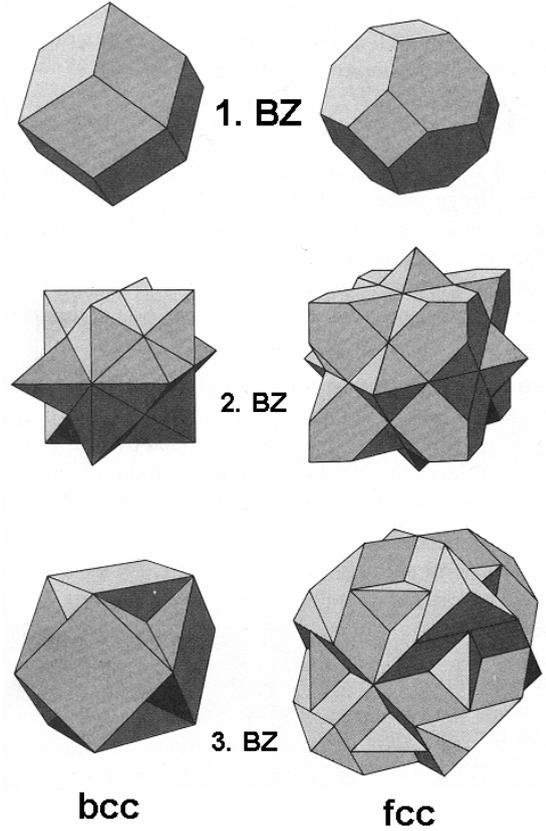
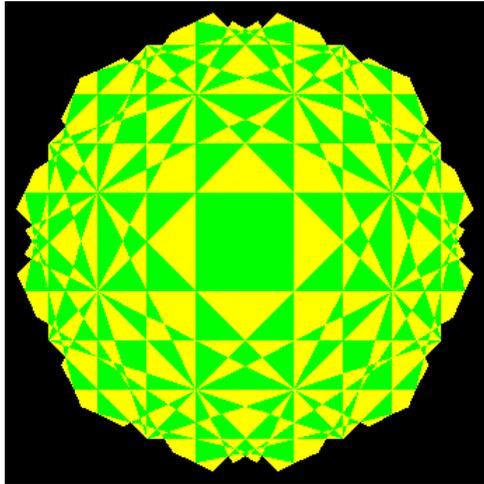
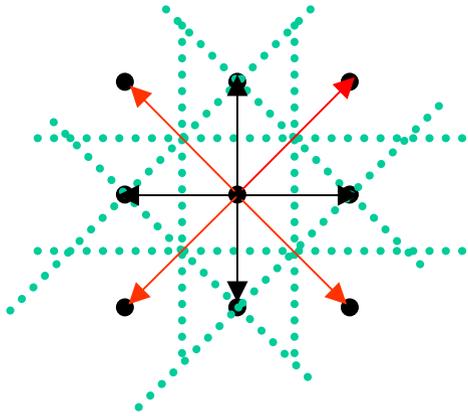
→ Vecteurs d'ondes k



Bandes d'énergie continues

Zones de Brillouin (2)

Espace réciproque



« ... Au premier abord je n'avais pas réalisé que cette discussion pourrait prendre plus tard une réelle importance. *Je le faisais par jeu*, suivant ma propre méthode de recherche par simple curiosité, trouvant une grande satisfaction à faire soigneusement les dessins dont j'avais besoin pour expliquer les propriétés de ces zones ...

...Peierls avait, quelques mois auparavant, discuté la première réflexion de Bragg, mais il ne s'était pas douté de l'existence d'une structure de zone telle qu'elle apparaît dans mon article, et il ne s'était pas rendu compte du caractère général de la méthode...

...mon vieux professeur, *Sommerfeld*, qui me félicitait chaleureusement et me disait *combien il était heureux de pouvoir enfin comprendre clairement les rapports entre les niveaux électroniques d'un atome isolé et ceux des électrons libres dans les métaux.* »

De l'Institut Henri Poincaré au Collège de France

Années 20:

- Conférencier à l'Ecole Supérieure d'Electricité
- Directeur adjoint du laboratoire de P. Langevin au Collège de France

1928 Création de l'I.H.P.

Sponsors: Rockefeller + Rothschild

Instigateurs :G.D. Birkhoff et

E. Borel: théorie des probabilités

L. Brillouin: théories physiques

L. De Broglie: Maître de conférence



1932 Collège de France

- Problème à N corps
- Méthodes perturbatives
Brillouin-Wigner
- Théorème de Brillouin
- Supraconductivité
- acoustique
- épistémologie



Directeur de la Radiodiffusion Nationale (07/39 → 01/41)

- **Décrets 29/07/39**: L. Brillouin à la Radiodiffusion Nationale

Rôle essentiel: combler le retard technique (ondes courtes)

Ministère des Postes → Présidence du Conseil (Daladier)

↳ Commissariat Général à l'Information (Giraudoux, Lohner)

- Août 39 → mai 40: **Drôle de guerre** (« phoney war »)

- Mai 40 : Offensive allemande à Sedan

- Juin 40 : **débâcle** *faire sauter les stations émettrices*
Tours → Bordeaux → Vichy

- **Vichy** : - régularisation des frais engagés pendant la retraite
- août 40 (première démarches pour les États-Unis)
- retarde le brouillage de la BBC

- **fin 40**: obtient tous les visas et permissions
Espagne → Portugal → **New York** (mai 41)



E. Daladier



J. Giraudoux



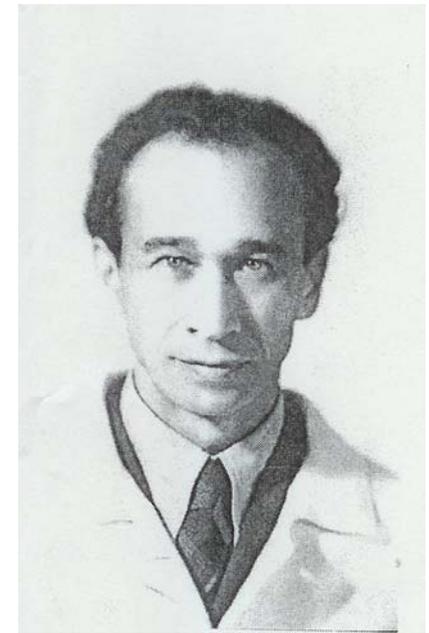
Léon Brillouin au studio émetteur de Clichy, 1925

L'opération Rapkine

- Organiser le départ de scientifiques français vers les USA (avec Henri Laugier), d'une façon « légale »

~ 50 (Hadamard, Mandelbrojt, Perrin, Auger, Lévi-Strauss, ...)

- Contribuer aux projets de recherche pour la défense (sous le drapeau de la France libre)



Léon Brillouin

1941 Wisconsin (radars → magnétrons, antennes)

janvier 1942: M.I.T. ↔ Harvard
Magnétrons ↔ Zones

Flot Brillouin

1942-43 Brown (Providence)

novembre 42: rejoint les Forces Françaises Libres.

1944 Columbia (Défense, Mathématiques appliquées)

La tempête de 1945

- 24/09/45 décret (de Gaulle - Soustelle): **interdiction administrative**
- octobre 45: surenchère des Affaires Étrangères → enseignement à l'**École Libre de New-York**
- Recours au Conseil d'État → décret du 8/02/46 (F. Gouin, G. Defferre)

Raisons?

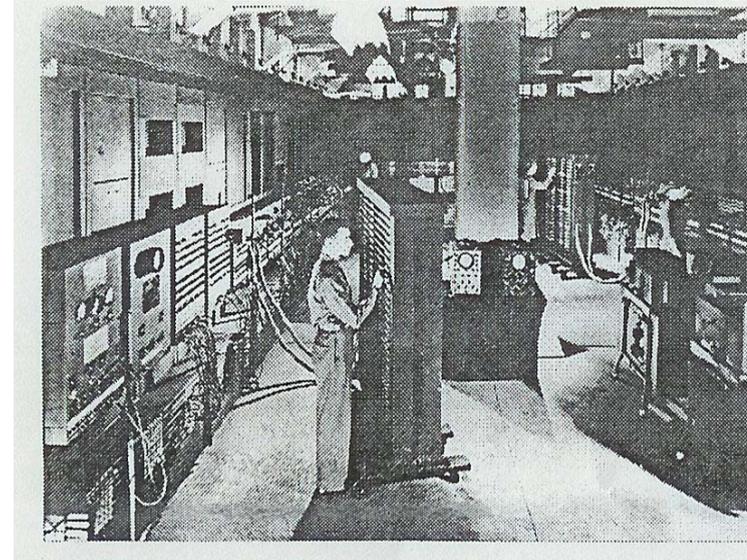
- l'empêcher de revenir à la tête de la Radiodiffusion ?
- intervention sur le débat virulent relatif à l'avenir de L'Ecole Libre?
(Rôle de Boris Pregel?)

La suite

- Reprise des cours au Collège de France (mais difficultés)
- Mission officielle pour le CNRS sur l'Informatique
- Engagé par IBM: Directeur de l'Éducation
- 1949: **Brillouin prend la nationalité américaine**

Nouveaux centres d'intérêt

- **Informatique** : Harvard , IBM (1949-1954)
1947: mission Brillouin-Manneback
Echec du 1er ordinateur français (Couffignal)
- **Théorie de l'Information** Applications à la physique (livre de 1956)
 - Exorcisme du Démon de Maxwell (mais... Bennett- Landauer)
 - Principe de Carnot généralisé:
(néguentropie + information)
- **Solitaire ou embrigadé** (1956)
- **Vie, Matière et Observation** (1959)
 - Epistémologie + vulgarisation
 - Méthode opérationnelle (→ P. Bridgman)
- **Systèmes dynamiques**
 - Théorème de Poincaré
 - physique non-linéaire → chaos



P.W. Bridgman



Henri Poincaré

Léon Brillouin (1889-1969)

- Chercheur

- Professeur, écrit de très nombreux ouvrages

Théorie des quantas et l'atome de Bohr

Statistiques quantiques

Les tenseurs en Mécanique et élasticité

Propagation des ondes dans les structures périodiques

La science et la théorie de l'Information

- Ingénieur (multiples brevets)

- Explorateur:
grande ouverture + rigueur

