

L' environnement scientifique du jeune Albert Einstein à Pavie et à Milan.

Collected Papers of Albert Einstein, vol. 1, éd. J. Stachel (Princeton University Press, Princeton, 1987) ; *Love letters* éd. J. Renn and R. Schulmann, 1992.

Pierre Speziali, *Correspondance Einstein-Besso, 1903-1954* (Paris, Hermann, 1979).

C. Bracco, Einstein and Besso: from Zürich to Milan, *Rendiconti (Scienze) Istituto Lombardo, accademia di scienze e lettere* (2015): <http://www.ilasl.org/index.php/Scienze/article/view/178>

C.B., Un aperçu des liens d'Albert Einstein et de Michele Besso avec les universités et les écoles d'ingénieurs italiennes, *Annali di storia delle università italiane* (2015), 129-152,
DOI: [10.17396/81678](https://doi.org/10.17396/81678)

C. B., L'environnement scientifique du jeune Albert Einstein – la période milanaise 1899-1901, *Revue d'histoire des sciences*, 68/1 (2015), 109-144

Christian BRACCO

SYRTE, équipe Histoire de l'astronomie, Syrte, Observatoire de Paris

Université de Nice-Sophia Antipolis

École Polytechnique,

Laboratoire Leprince-Ringuet

Palaiseau, lundi 4 avril 2016

I. De Munich à Pavie

Le domaine de l'électrotechnique ; l'environnement universitaire à Pavie

L'oncle d'Albert Jakob Einstein et le milieu électrotechnique

Jakob Einstein est ingénieur diplômé du **Polytechnikum de Stuttgart** en 1869.

Il crée sa propre compagnie en 1876: la *Fabrik für Wasserförderungen und Centralheizung*, et s'associe avec Hermann, le père d'Albert Einstein, en 1880. La compagnie vend des dynamos et des téléphones dès 1882 et devient *Elektrotechnische Fabrik J.Einstein & Cie* (1885-1894).

Les Einstein prennent part en 1882 à l'**organisation de l'exposition de Munich**.

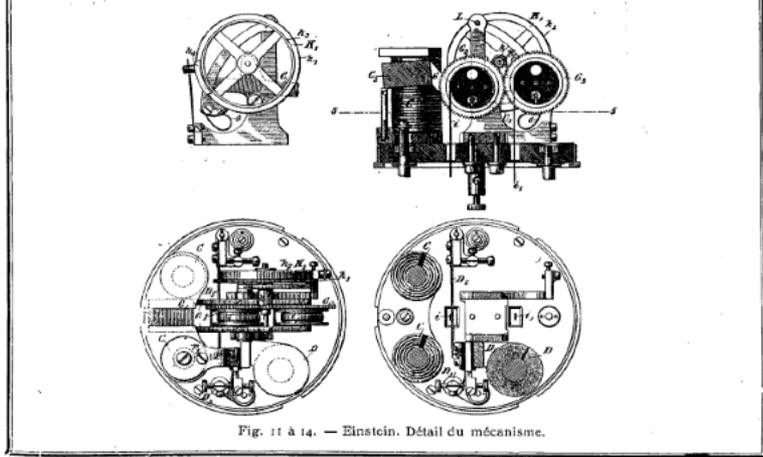
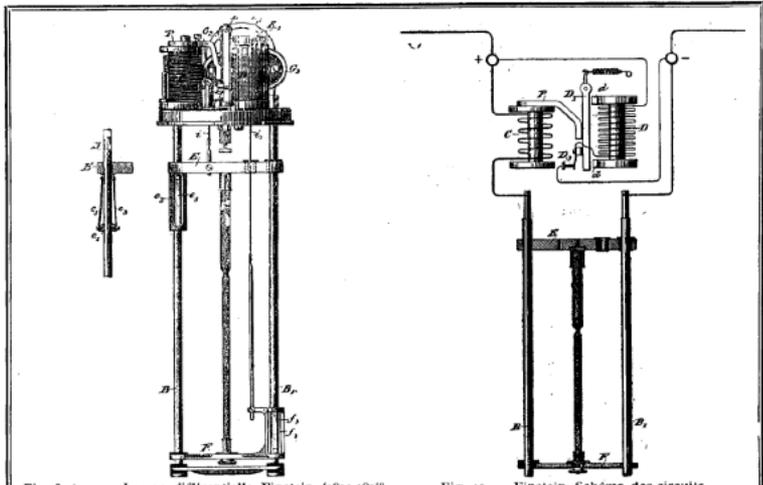
J. Einstein (membre du cercle d'ingénieurs polytechniciens de Munich) était **vraisemblablement présent à l'exposition internationale de Paris de 1881** où se tient le **premier salon international d'électricité** [Allemagne (15 délégués) : Helmholtz, Siemens, ..., **Paul Zech professeur de physique de J. E.**) ; pour la Suisse : **H. F. Weber** (ETH), pour l'Autriche : **E. Mach** ; pour l'Italie : **Galileo Ferraris**, ...).

Les Einstein prennent part à l'exposition de 1891 à Francfort. J. E. fait une présentation dans le congrès scientifique ; **Ferraris est chairman du congrès** ; **H. F. Weber** est le directeur du groupe IX de la *Prüfungskommission* (ligne électrique Lauffen-Neckar).

Les Einstein participent à l'éclairage électrique d'une dizaine de communes d'Italie du nord aux alentours de 1888 ; ex. **Bardonecchia** (côté italien du tunnel du Fréjus) **avec Lorenzo Garrone, diplômé en 1881 du Politecnico de Turin en tant qu'ingénieur civil**.

Création de l'Officine Elettrotecniche Nazionali Einstein, Garrone e C. in Pavia (1894-1896), avec des bureaux à Milan et à Turin.

Gustave Richard, *Les lampes à arc*, pp. 313-319



C. Raveau, *Le principe de moindre action en électrodynamique*, pp. 320-324

d'incendies, dans les ateliers, filatures, etc. Le service se fait en remontant le globe sur la tige T, où il s'accroche en L par les attaches BK.
 GUSTAVE RICHARD.

RECHERCHES RÉCENTES
 SUR LA
 THÉORIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE DE LA LUMIÈRE (*)

5. — *Le principe de la moindre action en Electro-dynamique* (2).

Introduction (3). — Nous avons vu précédemment que le principe de la moindre action peut s'appliquer même à des formes incomplètes du problème, dans lesquelles on peut éliminer certaines coordonnées, parce que des forces qui sans cela auraient pu s'introduire, manquaient ou n'exerçaient aucune action et qu'il pouvait s'introduire des formes du potentiel cinématique très différentes dans lesquelles on ne peut effectuer la séparation des deux formes de l'énergie, la fonction H, le *potentiel cinétique* pouvant être une fonction absolument quelconque des coordonnées p_a et des vitesses correspondantes q_a .

Il faut d'ailleurs supposer toujours que l'état du système est entièrement déterminé à chaque instant par les valeurs des quantités p_a, q_a et aussi d'un certain nombre de constantes.

La forme fondamentale que Hamilton a donnée au principe de la moindre action présente l'avantage que la valeur de l'énergie potentielle peut y être une fonction du temps et, par suite, contenir des termes qui renferment des forces extérieures variables ou des forces qui n'appartiennent pas aux forces conservatrices de mouvement proprement dites, mais qui exigent au contraire l'immixtion d'autres phénomènes phy-

siques. C'est cette propriété qu'on a utilisée pour déduire les expressions des forces de Lagrange. Le principe de Hamilton s'écrit :

$$\int_{t_0}^{t_1} [\Phi + \Sigma \{P_a p_a\} - L] dt = 0; \quad (A_1)$$

il faut faire varier tous les p_a en considérant les P_a comme des fonctions du temps qui ne sont pas sujettes à la variation. Il en résulte les expressions bien connues de Lagrange :

$$P_a = -\frac{\partial \Phi}{\partial p_a} + \frac{\partial L}{\partial p_a} - \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial L}{\partial \dot{p}_a} \right]; \quad (A_2)$$

La condition essentielle pour qu'on puisse obtenir cette valeur de la force est que, sous le signe d'intégration, les P_a ne soient pas multipliés par des coefficients qui contiennent les q_a , sans quoi il s'introduit dans la variation le produit $P_a \times \frac{\partial p_a}{\partial q_a}$ qu'on ne peut plus faire disparaître en intégrant par parties de façon à introduire \dot{p}_a et à mettre en évidence P_a seul.

La même condition doit être satisfaite lorsque le potentiel cinétique $[\Phi - L]$ est amené, par élimination, à une autre forme H, fonction quelconque des p_a et des q_a . Ici encore les coefficients des P_a ne doivent pas contenir les q_a , tandis qu'on peut très bien concevoir des formes où plusieurs forces P_a seraient réunies en une seule, P, qui serait multipliée par une fonction des coordonnées seules.

La valeur de l'énergie est :

$$E = H - \Sigma_a \left(\frac{\partial H}{\partial q_a} q_a \right); \quad (A_3)$$

le principe de la conservation de l'énergie s'exprime par l'équation

$$-\frac{dE}{dt} = + \Sigma \left(P_a \frac{dp_a}{dt} \right); \quad (A_4)$$

Les recherches physiques nous permettent en général, pour un système dont la constitution et les forces internes nous sont inconnues, lorsqu'il passe par des états variables, reconnaissables à des phénomènes intérieurs mesurables, de déterminer les quantités de travail que le système reçoit ou fournit pendant les différents changements d'état possibles. Si nous représentons les états du système par une série de grands nombres convenables π_a, ρ_a , on pourra en général évaluer les quantités de travail $\Pi_a d\pi_a, P_a d\rho_a$ que le système fournit, quand se produisent les

(*) *La Lumière Electrique* du 12 août 1893, p. 263.
 (2) *Wiedemann's Annalen*, t. XLVII, p. 1 (1892).
 (3) Cette introduction résume les résultats exposés depuis le commencement de cet article; j'ai cru utile de la reproduire parce qu'elle fixera l'attention du lecteur sur les points qu'il aura à retenir pour la compréhension de ce qui suit. (On remarquera un changement de notation; Φ désigne ici la quantité que nous avons appelée F à la page 10.)

Les Einstein à Pavie et à Milan

La famille Einstein s'établit à **Milan** au 2 via Berchet à l'automne 1894.

Albert Einstein quitte le *Luitpold Gymnasium* en décembre 1894 (il n'a pas encore 16 ans) pour retrouver sa sœur Maja et ses parents à **Milan**.

La famille s'établit en **1895 à Pavie** 11 rue Ugo Foscolo (inspirateur du Risorgimento), dans la maison où vécut le poète en 1808 -1809. La maison appartenait alors à la famille Doglia (avocats).



Après avoir vendu leur compagnie, la famille retourne à **Milan en Octobre 1896 au 21 via Bigli, un célèbre palais milanais**, qui a appartenu au Prince Luigi Alberico Trivulzio et qui a hébergé le célèbre salon de la **comtesse Clara Maffei**, lieu où se retrouvaient les patriotes italiens du Risorgimento fidèles à Garibaldi et Mazzini, tels Giuseppe Verdi, ...

Lien des Einstein avec de hautes responsables du secteur électrique en Italie



Galileo Ferraris (1847-1897)

Deux lettres de J. Einstein à Ferraris en 1888 [concernant un problème avec des ingénieurs italiens lors de l'électrification de Varese] + [lettre d'Albert Einstein en 1895 \(A. Silvestri\)](#).

Il fait partie des trois personnalités nommées à la tête de la commission de Francfort de 1887 et participe à celle (dirigée par Helmholtz) de l'exposition qui s'y déroule en 1891.

Professeur au *Museo Industriale di Torino* à partir de 1873

Premier [moteur électrique à champ tournant](#)

Étude approfondie du [transformateur de Gaulard-Gibbs](#) en 1885; utilisation dans les centrales hydroélectriques pour le transport du courant alternatif.

Étude de différents types de [lampes pour l'éclairage électrique](#).

[Premier président de l'AEI](#) qu'il crée avec Giuseppe Colombo en décembre 1896

Sénateur, ...

Lettre d'Einstein à Ferraris, 12 août 1895

A. *Silvestri, Omaggio ad Albert Einstein*, Politecnico di Milano, 2005.

Giuseppe Colombo (1836-1921)

La compagnie *Einstein- Garrone* est achetée par **Carlo Monti** en 1896, proche collaborateur de **Colombo** (avec lequel il a réalisé l'éclairage du théâtre de la Scala en 1884). Colombo est l'une des trois personnalités qui supervisent le rachat de l'entreprise.



Professeur de machines industrielles ou *Politecnico de Milan*

Président de l'*Istituto Lombardo* (1892-1893; 1896-1897; 1920).

Recteur du Politecnico à partir de 1897

Président de la Compagnie Edison pour l'Italie à partir de sa création en 1884.

Succède à Ferraris en 1897 en tant que président de l'*AEI*.

Président de la chambre des députés

Ministre des finances (1892, 1896).

Membre du salon de la comtesse Maffei...

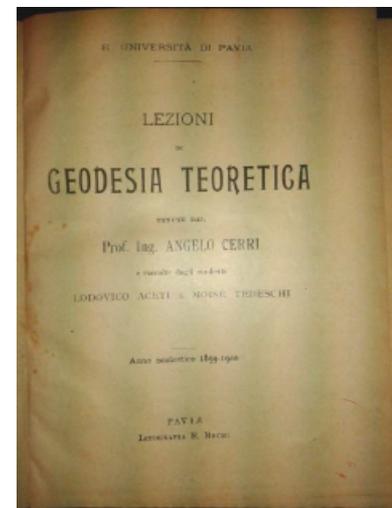
Angelo Cerri (1848-1902), assistant de géodésie théorique

associé des Einstein

membre de la famille Giulietti/Venco/(Marangoni)

assistant depuis 1885: optique géométrique, géométrie, géodésie ...

enseigne également les mathématiques et le français à l'*Istituto Bordonì*.



Giulio Vivanti (1859-1949), mathématicien

diplômé de la même promotion que Lorenzo Garrone en 1881.

avril-mai 1895, donne en première année des cours d'algèbre et de géométrie analytique.

Préparation au concours d'entrée de l'ETH ?



Giovanni Cantoni (1818-1897)

A été recteur de l'université de Pavie

Participe activement au Risorgimento

Groupe (Colombo, Ferraris, Cantoni, Blaserna, Govi)

Comité éditorial de la revue *Eletticità* (Florence)

Première explication de l'origine cinétique du mouvement brownien

Il professore Giovanni Cantoni [...] già sino dal 1867 aveva chiaramente ammesso che il movimento browniano dipende dal movimento delle molecole del liquido in cui si trova sospesa la sostanza, Icilio Guareschi, *Nota sulla storia del movimento Browniano, ISIS* 1 (1913)



Carlo Marangoni (1840-1925), physicien



Oncle d'Ernestina Pelizza-Marangoni, amie d'Einstein et de Maja à Pavie.

Thèse *Sull'espansione delle gocce d'un liquido gallegianti sulla superficie di altro liquido*, 1865 avec Giovanni Cantoni : expériences à Paris sur le grand bassin des tuileries.

Assistant de Cantoni (1865-1866) puis de Matteucci au *Museo di Fisica* de Florence (une des trois composantes de l'*Istituto Technico* de Florence).

Professeur au lycée Dante de Florence ; mais continue à publier en lien avec l'*Istituto*.

Tension de surface et capillarité (effet Gibbs-Marangoni) ; travaux de Gibbs 1875-1878 (Ostwald, 1891).

Comparaison de la propagation de la lumière et de l'électricité dans les milieux diélectriques.

Mémoire perdu (Einstein 1896) sur la nature du courant électrique adressé à Ernestina ...

Premier article d'Einstein sur la capillarité (mars 1901). Einstein cite R. Schiff ...

Marangoni est cité par Minkowski, qui donne les cours sur la capillarité à l'ETH de Zürich, dans son article encyclopédique de 1907.

« *L'ingegner Carlo Marangoni, dalla Toscana, veniva a soggiornare in Casteggio presso il fratello una volta all'anno in tempo di vendemmia, rito atavico e festoso per l'Oltrepo che affascinava Einstein. Puntualmente dunque, ogni anno, anche tra 1896 ed il 1900 circa, stringendo amicizia con il giovane futuro scienziato* ». F. Bernini, communication privée.

II. Einstein à Milan (1896-1901)

1. Bibliothèque de l'*Istituto Lombardo*
2. Réorientation de la thèse d'Einstein sur les forces moléculaires
3. Une première idée des quanta lumineux en avril 1901 à Milan?

Einstein à Milan

- un étudiant de l'ETH de Zürich, qui passe environ **trois mois par an à Milan de 1896 à 1901** (septembre / mi-octobre et mi-mars – fin avril)
- un étudiant en thèse (à partir d'octobre 1900) faisant un **travail bibliographique approfondi**.
- un jeune physicien intéressé par une grande variété de sujets
- un ami de Michele Besso, brillant étudiant de l'ETH, de six ans son aîné, **qui commence également une thèse**, et avec lequel il discute de physique entre 1899 et 1901 à Milan

« *Le soir, je suis souvent chez Michele* » [à Mileva, septembre 1900]

« *Avant-hier, Michele est arrivé de Trieste [...]. Hier soir, pendant quatre heures, j'ai pris grand intérêt à parler boutique avec lui. Nous avons discuté de la séparation essentielle de l'éther lumineux et de la matière, de la définition du repos absolu, des forces moléculaires, des phénomènes de surface, de la dissociation. Il s'intéresse beaucoup à nos recherches, même si des scrupules vétilleux l'empêchent souvent d'avoir une vision d'ensemble* [Mileva, Mars 1901]

La « période milanaise » anticipe celle de Berne, où Besso rejoint Einstein au bureau des brevets.

1. La bibliothèque de l'Istituto Lombardo

Milan, 4 April 1901: : « *En revanche, j'ai entre les mains une étude de Paul Drude sur la théorie des électrons, qui, bien qu'elle contienne des négligences, m'est si proche que j'aurais pu l'écrire moi-même. Drude est un type génial, cela ne fait pas de doute. Lui aussi suppose que ce sont avant tout des corpuscules électriques négatifs sans masse pondérable qui conditionnent les phénomènes thermiques et électriques dans les métaux, juste comme j'en avais eu l'intuition avant mon départ de Zurich* » [Einstein lit *Annalen der Physik*, 1900].

Milan, 4 April 1901: « *Maintenant, il faut que j'aille à la bibliothèque, sinon il va être trop tard* » [Einstein fréquente une bibliothèque à Milan]

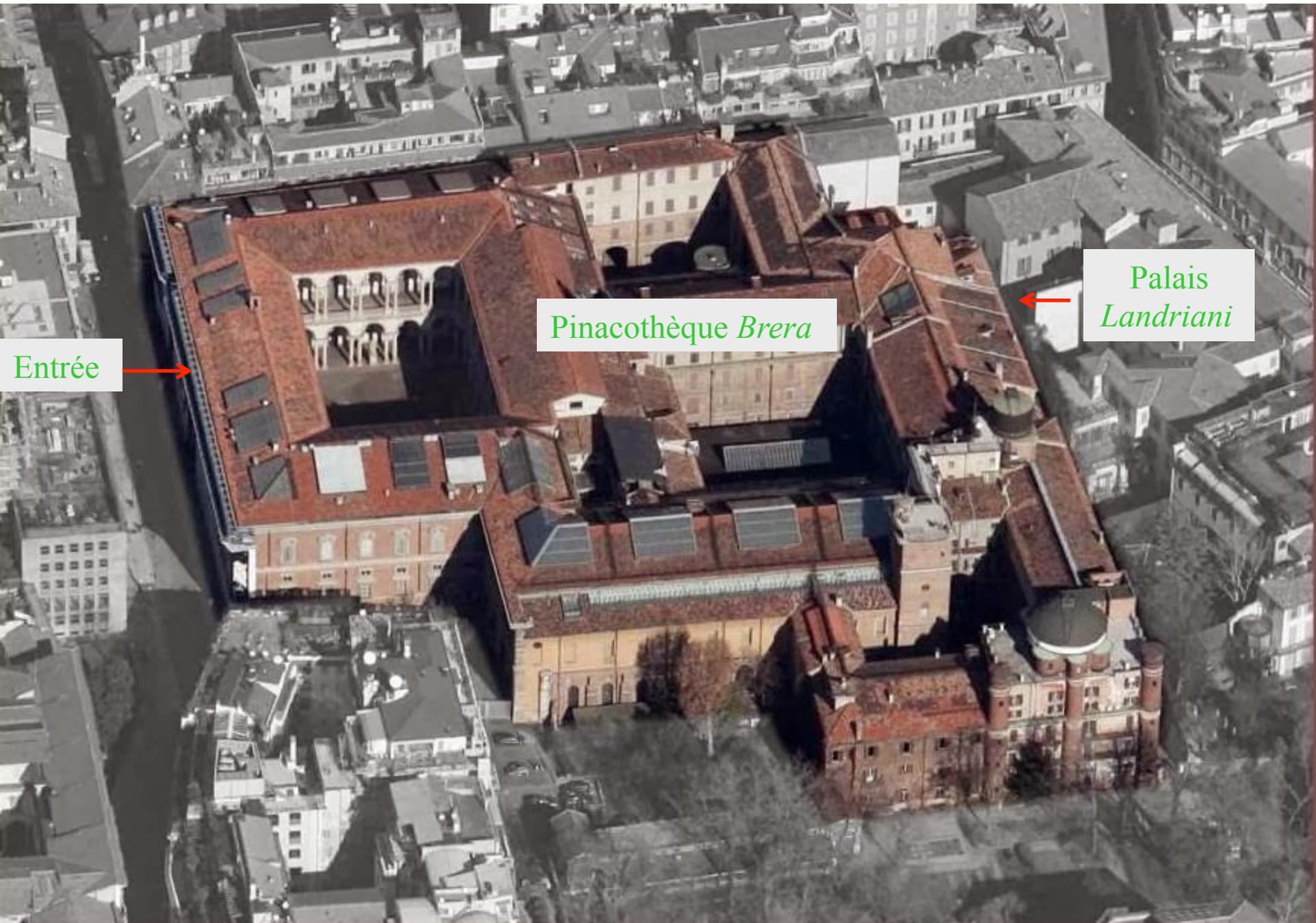
Milan, 10 Avril 1901 : « *La semaine dernière, j'ai étudié dans le Ostwald de Michele l'électrochimie et la chimie des réactions, et, à la bibliothèque, la théorie des électrons dans les métaux* » [Quelle bibliothèque?]

(aussi Wien 1898 lu en 1899 dans *Annalen der Physik und Chemie* + Planck 1900 annoncé dans les *Beiblätter zu den Annalen der physik* ...)

Une seule bibliothèque à Milan possède ces revues :

Bibliothèque de l'Istituto Lombardo, Accademia di scienze e lettere (palais Brera)

Palais *Brera*



Entrée

Pinacothèque *Brera*

Palais
Landriani

Entrée du palais *Brera* : Napoléon Bonaparte



Observatoire astronomique de *Brera* (et ses quelques 30 000 livres)



Bibliothèque *Braidense*
(1 million de livres)



Istituto Lombardo, Accademia di Scienze e Lettere, Palazzo Landriani



Bibliothèque de 450 000 livres et périodiques
(*Annalen de Physik und Chemie, Annalen der Physik, Beiblätter zu den Annalen der Physik,*).



“*Milan was a paradise of freedom and beauty [...]. For the first time in his life, [Einstein] studied the plastic and graphic arts: the last supper of Leonardo da Vinci at Santa Maria delle Grazie, the collections at Brera – a world of classical beauty!*”

Anton Reiser (Rudolph Kayser). Albert Einstein, A biographical portrait, 1931.

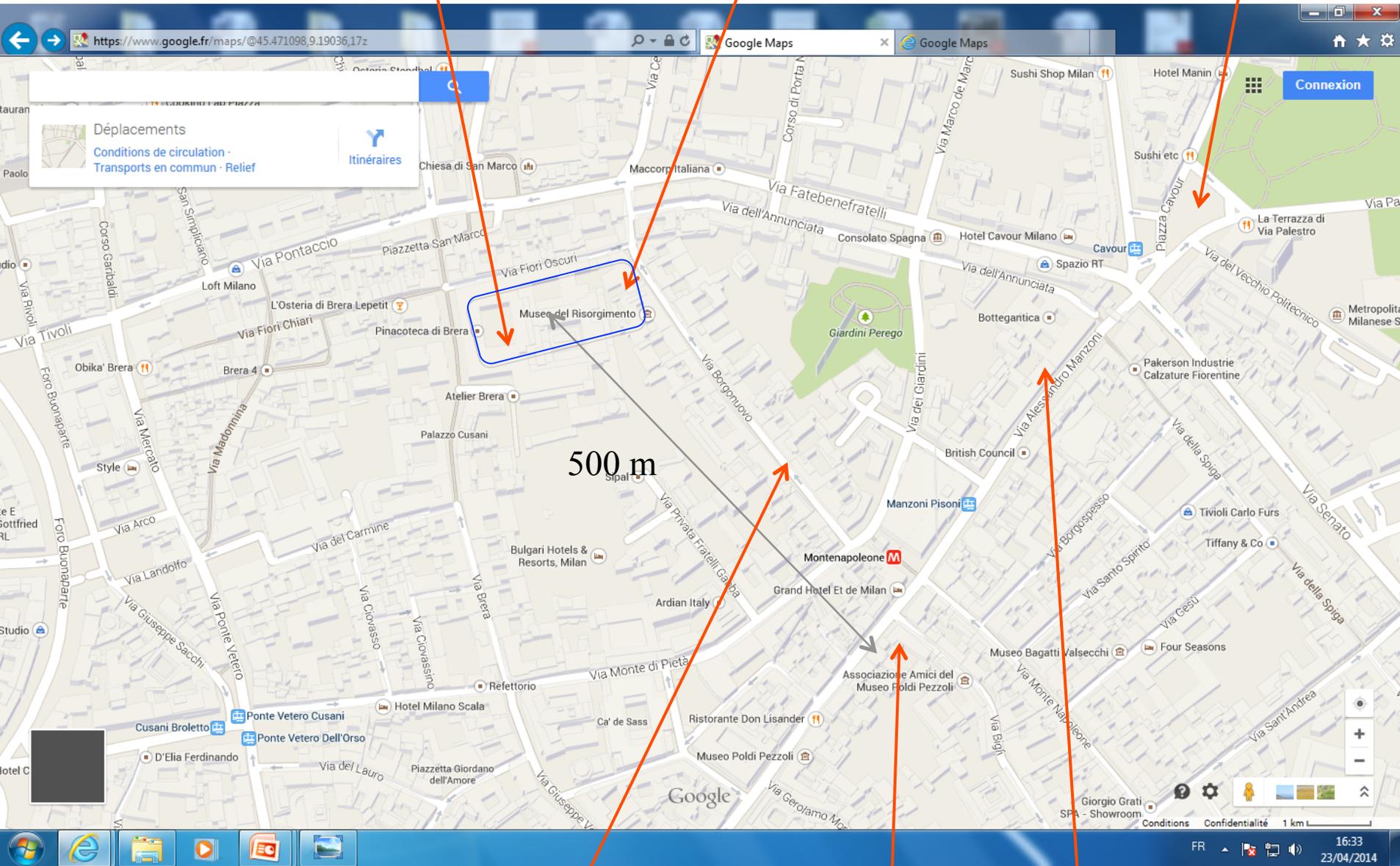
La Cène de Léonard et *Il bacio* de Francesco Hayez à la pinacothèque de Brera
(publicité pour un voyage à Milan)



Brera et ses bibliothèques

L'Istituto Lombardo

Politecnico



500 m

Giuseppe Jung (oncle de Michele Besso)

21 via Bigli

Einstein, Garrone e C.

Lorentz' *Festschrift*, 11 décembre 1900,

Archives Néerlandaises des Sciences Exactes et Naturelles, vol. 5 série II (1900),

Reçu à l' *Istituto Lombardo* le 31 janvier 1901.

70 articles en allemand, français, anglais, ...

W. Kaufmann, Ueber die Schwingungsamplitude der Elektronen, 148-151.

L. Boltzmann, Notiz über die Formel für den Druck der Gase, 76-77.

M. Planck, ueber die von einem elliptisch schwingenden Ion emittirte und absorbirte Energie, 164-174

A. Righi, Sur les ondes électromagnétiques d' un ion vibrant, 348-355.

J. Farkas, Allgemeine Prinzipien für die Mechanik des Aethers, 56-75.

W. Wien, Ueber die Möglichkeit einer elektromagnetischen Begründung der Mechanik, 96-107.

H. Poincaré, La théorie de Lorentz et le principe de réaction, 252-278

D. A. Goldhammer, Ueber den Druck der Lichtstrahlen, 467-483.

E. Cohn, Ueber die Gleichungen der Elektrodynamik für Bewegter Körper, 516-523

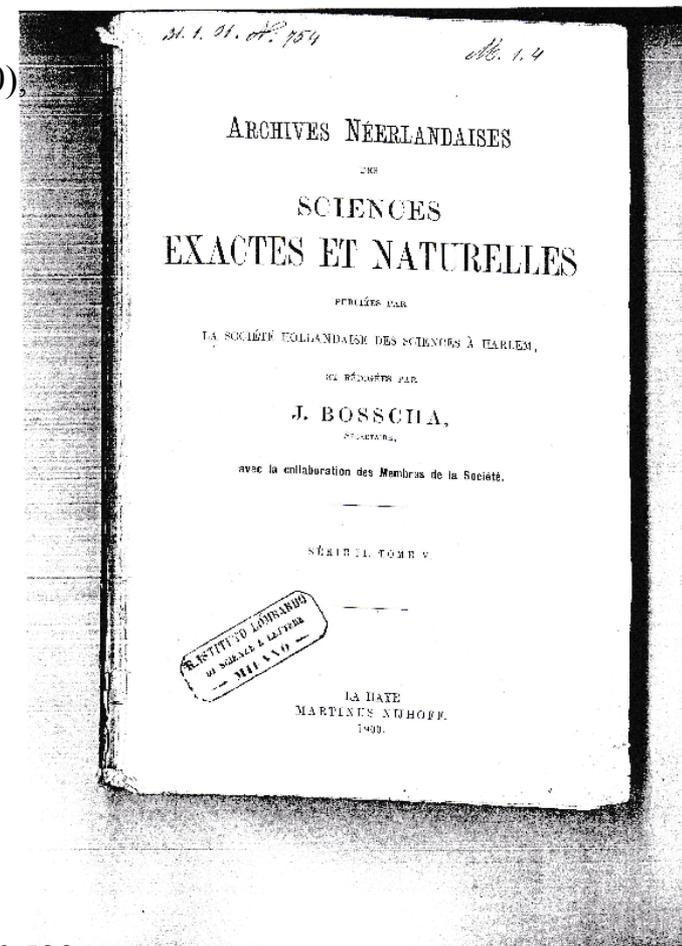
E. Wiechert, Elektrodynamische Elementargesetze, 549-573.

J. D. van der Waals Jr, La propagation libre de la radiation est-elle réversible ?, 587-594.

G. H. Bryan, Energy accelerations. A study in energy partition and irreversibility, 279-295.

M. Reinganum, Molekuläre Anziehung in schwach comprimierten Gasen, 574-582.

M. Berthelot, ...



2. La réorientation de la thèse d'Albert Einstein (mi-avril 1901)

- Décembre 1900: “*Albert is still here [Zurich] and is going to stay until he finishes his doctoral thesis, which probably take until Easter*” (Mileva to Helena).
- Milan, 14 avril 1901: “*As for science, I have a few splendid ideas, which only now need proper incubation. I am now convinced that my theory of atomic attraction forces can also be extended to gases [...] That will also bring the problem of the inner kinship between molecular forces and Newtonian action-at-a-distance forces much nearer to its solution. [...] I shall utilize the already existing results in my doctoral dissertation*” (Einstein to Grossmann).
- Milan, 15 avril 1901: “*As for science, I've got an extremely lucky idea, which will make it possible to apply our theory of molecular forces to gases as well [...]. If it leads to something, we will know almost as much about molecular forces as about gravitational forces, and only the law of radius will still remain unknown*” (Einstein to Mileva).
- Milan, 30 avril 1901: “*I am very curious whether our conservative molecular forces will hold good for gases as well. If the mathematically so unclear concept of molecular size does not show up as well in the formation of trajectories of molecules coming close to each other as well, but the molecule can be conceived as center of force.*” (Einstein to Mileva).
- Décembre 1901: “*Albert has written a magnificent study, which he submitted as his dissertation. He will probably get his doctorate in a few months [...] It deals with the investigation of the molecular forces in gases using various phenomena*” (Mileva to Helena).

M. Reinganum, *Molekuläre Anziehung in schwach comprimierten Gasen.*

(*On molecular forces in weakly compressed gases*)

Festschrift pour Lorentz, 11 décembre 1900.

(*article qui m'a été signalé par Jean-Pierre Provost*)

- Forces « *planétaires* » en r^{-4} d'attraction entre les molécules, considérées comme des centres de force. **La taille des molécules ne joue aucun rôle** (en contradiction avec Boltzman).
- Application du théorème du viriel (en se référant à l'ouvrage de Boltzmann) pour obtenir l'équation d'état.

Reinganum était connu d'Einstein (cité par Boltzmann dans le livre qu'il avait lu) ; il y renvoie Mileva un mois plus tard en rapport avec un autre article.

Réorientation de la thèse d'Einstein vers les forces moléculaires dans les gaz faiblement comprimés (sa thèse sera retirée en février 1901 sans raison connue).

3. Une première idée des quanta lumineux dès avril-mai 1901 à Milan?

Souvenirs d'Einstein :

Entretiens en 1952 avec R. S. Shankland (Am. J. Phys. 1963) :

“I asked Professor Einstein about the three famous 1905 papers and how they all appeared to come at once [...] He quickly added that the photoelectric effect paper was also the result of five years pondering and attempts to explain Planck's quantum [1901] in more specific terms”

Lettre à Michele Besso de décembre 1951:

Un total de cinquante années de spéculation consciente ne m'a pas rapproché de la réponse à la question « que sont les quanta de lumière » [1901].

Questionnements sur la nature de la lumière en avril-mai 1901.

- “It’s easy to explain what is setting me against Planck’s considerations on the nature of radiation. Planck assumes that completely definite kind of resonators (fixed period and damping) causes the conversion of energy to radiation, an assumption I cannot really warm up to. Maybe his newest theory is more general [décembre 1900 / Mars 1901: quanta $h\nu$]. I intend to have a go at it [...]. I have also somewhat changed my idea about the nature of latent heat in solids, because my views on the nature of radiation have again sunk back into the sea of haziness [??]” Milan, April 10.
- “It occurred to me recently that when light is generated, direct conversion of motional energy to light may take place because of the parallelism kinetic energy of the molecules – absolute temperature – spectrum (radiating space energy in the state of equilibrium) [Wien 1896 revisité : fréquence du rayonnement proportionnelle à l’énergie cinétique des molécules]”. Milan, April 30.
- Mai 1901 de Winterthur: “I have just read a marvellous paper by Lenard on the production of cathode rays by ultraviolet light. Under the influence of this beautiful piece of work, I am filled with such happiness and such joy ... [énergie cinétique de la lumière absorbée?]”

Jürgen Renn (1993): une première idée (non formalisée) des quanta dès 1901

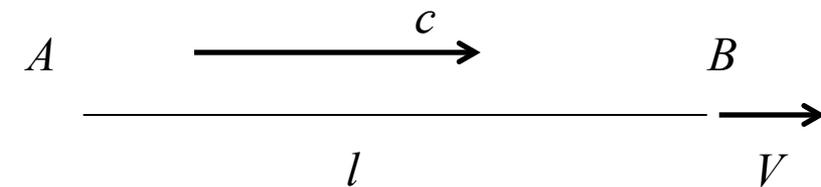
H. Poincaré, La théorie de Lorentz et le principe de réaction, *Festschrift pour Lorentz*

- 1) La théorie de Lorentz, la seule acceptable aux yeux de Poincaré, ne vérifie pas le principe d'action réaction. Poincaré résout ce paradoxe en introduisant une densité de qdm $E \wedge B$ pour le champ elm. et montre que le principe est vérifié pour le système matière + champ.
- 2) Il dote le champ elm. (« *fluide fictif* ») d'une densité de masse $(E^2 + B^2)/2c^2 = U/c^2$ et vérifie le théorème du cdm tant que le rayonnement n'est pas absorbé par la matière [ce qui pose implicitement la question de l'effet Joule pour la matière].

$$\frac{d}{dt} \int \frac{U}{c^2} \mathbf{r} d\tau + \int \rho \mathbf{v} d\tau + \int \frac{\mathbf{j} \cdot \mathbf{E}}{c^2} \mathbf{r} d\tau = cste$$

Cité et corrigé par Einstein dans « Das Prinzip von der Erhaltung der Schwerpunktsbewegung und die Trägheit der Energie », *Ann. Phys.*, Bd. 20 (1906).

- 3) Dans le §3, Poincaré interprète le temps local de Lorentz $t' = t - vx/c^2$ comme étant le temps indiqué par les horloges de deux observateurs distants qui les ont synchronisées par des signaux lumineux, ignorant leur mouvement de translation dans l'éther (c invariant).

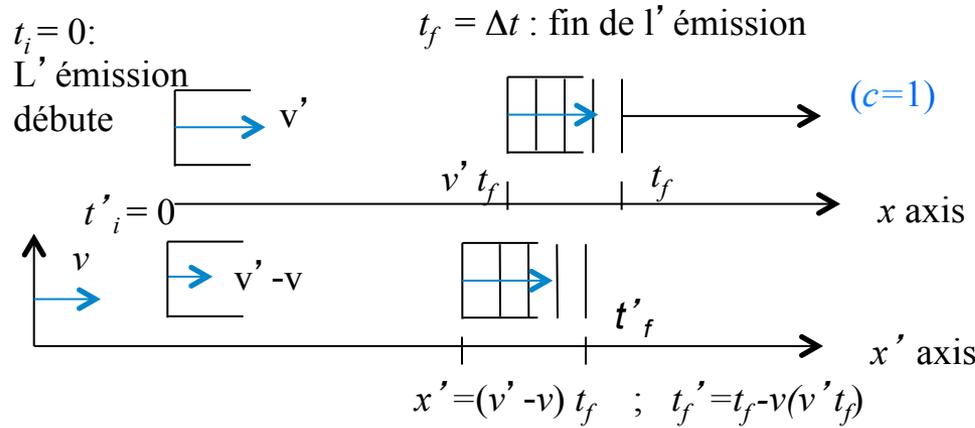


Réception du signal par B à $t'_{rB} = l/c$ dans son référentiel et à $t_{rb} = l/(c - V)$ dans le référentiel de l'« éther » ; ce qui conduit immédiatement à $t'_{rb} = t_{rb} - Vx_{rB}/c^2$

Rem: $\Delta t = 0$ mais $\Delta t' \neq 0$ en général ; relativité de la simultanéité (qui sera rappelée en 1902 par Poincaré dans *Science et Hypothèse* : « nous n'avons pas [l'intuition directe] de la simultanéité de deux évènements qui se produisent sur des théâtres différents »).

... 4) Relativité galiléenne revisitée : $x' = x - vt$, $t' = t - vx/c^2$, $E' = E + v \wedge B$, $B' = B - v \wedge E/c^2$ appliqué au recul d'un oscillateur hertzien (placé au foyer d'un miroir) qui émet un train d'onde plan dans une direction.

Transformation de l'énergie du train d'onde :



Longueur réelle L du train d'onde

Longueur apparente L' $L' = L(1+v)$
 $[v' = v(1-v)]$

Énergie réelle $LE^2 = J\Delta t$

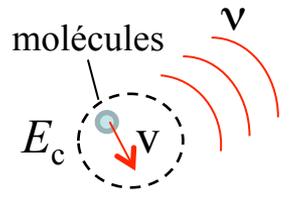
Énergie apparente $L'E'^2 = J'\Delta t$ $J' = J(1-v)$

Miller reconnaît que Poincaré « was the first to deduce the Lorentz transformation of a light pulse » (1994) mais il faut ajouter **qu'énergie et fréquence se transforment de la même manière** (J.-P. Provost et C.B., Jijel 2009, TVC 79, Herman, Paris, 2013).

Milan, 30 avril 1901

Wien 1896.

Processus d'émission lumineuse.



Source lumineuse

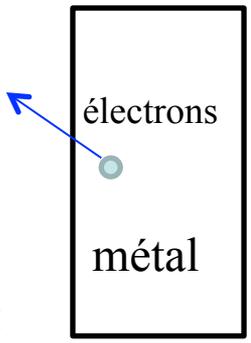
Planck 1901 : quanta d'énergie

(Milan 10 avril 1901)

$$\epsilon = h\nu$$



Analyse de l'article de Poincaré, *Festschrift pour Lorentz* (avril 1901) : permet d'interpréter la proportionnalité entre énergie et fréquence comme une propriété du rayonnement.



Winterthur, mai 1901 article de Lenard (effet photoélectrique).

Processus d'absorption de la lumière.

Mais Einstein devra attendre (1904) pour mettre en évidence les quanta lumineux sur un problème physique connu et avec des outils théoriques adaptés (1905) : liberté volumique de l'entropie dans le problème du corps noir.

III. La famille de Michele Besso, la thèse de Michele Besso

Giuseppe [père de Michele], [Beniamino](#), [Marco](#) et Davide BESSO

Erminia [mère de Michele], Bice [[G. Jung](#)], Maria, Emma, [Vittorio](#) et Tullo CANTONI

La famiglia Besso-Cantoni

Fondazione Marco Besso, Largo
Torre Argentina, 11, Rome.

Michele BESSO (1873-1954)

avec sa femme Anna WINTELER



ESAMI			
23	giugno '91	Geometria analitica e pro- iettiva	app. 28-10-88
"	"	Disegno geometrico	" 20-11-88
5	luglio "	Fisica Sperimentale	" 29-11-88
17	giugno "	Algebra	" 30-11-88

- ETH, Zürich 1891-1895

- *Società per lo Sviluppo delle imprese
elettrica in Italia*, 1900-1901

Rôle de Michele Besso aux côtés d'Einstein?

Besso à Einstein, 1928 :

« De mon côté, j'ai été ton public pendant les années 1904 et 1905 ; en t'aidant à rédiger tes communications sur le problème des quanta je t'ai privé d'une partie de ta gloire, mais en revanche, je t'ai procuré un ami, Planck ».

Einstein (Électrodynamique des corps en mouvement, juin 1905) :

« En terminant, je tiens à dire que mon ami et collègue M. Besso m'a constamment prêté son précieux concours pendant que je travaillais à ce problème, et que je lui suis redevable de maintes suggestions intéressantes ».

Besso à Einstein en 1923 :

« Je n'ai pas pu retrouver la collection complète de tes travaux antérieurs à 1919 [...]. Elle me tenait particulièrement à cœur, car, pour moi, elle redonnait vie à tant de nos discussions. Mais pourquoi cette collection rare ne serait-elle pas mise à la portée de tous, en y ajoutant l'essentiel d'un aperçu historique, de la genèse des problèmes, de ce que tu reprendrais pour des raisons de forme ou de fond, et peut-être même de ce que tu voudrais exprimer autrement [...]. Je pense que tu devrais indiquer dans l'introduction ce qui, au début de tes recherches, était déjà connu des travaux d'autrui : Boltzmann, Lorentz, ensuite Planck ... (en précisant lesquels de leurs écrits). Quant aux travaux dépassés, tu dirais comment, par qui et pourquoi ils l'ont été, et ce qu'ils contiennent d'encore actuel et d'inexploité. Je ne cacherais pas au lecteur les fausses routes suivies, car elles sont particulièrement instructives. On y verrait clairement avec tous les enchaînements – ce que tu considères toujours comme valable, comme sûr et définitivement acquis »

Lettre de Michele à sa tante (la femme de Marco Besso), 13 Juin 1913.

*« Tra giorni, credo, rivedro' i miei,
rivedro' a Triese il caro zio e se i
medici lo permetteranno (non ho
veramente motivi di dubitare),
ritornero' quà, ad assistere alla lotta
dell'amico Einstein col grande
Ignoto : opera e tormento da
gigante, a cui assisto da pigmeo, ma
da pigmeo veggente ».*

Fondation Marco Besso, Rome.

“I [...] will return there [to Zürich] to watch my friend Einstein struggle with the great Unknown: the work and torment of a giant, of which I am the witness - a pygmy witness - but a pygmy witness endowed with clairvoyance”.

La thèse de Michele Besso

« *Pour Michele, je réfléchis à cette intéressante question : comment décrire le rayonnement de l'énergie électrique dans l'espace dans le cas d'un courant alternatif sinusoïdal ? Qu'en est-il de l'amplitude des ondes créées en fonction de la fréquence des oscillations, etc.* », lettre à Mileva, Milan, 30 août ou du 6 septembre 1900.

« *Je l'ai fortement poussé à devenir assistant [Dozent] mais j'ai du mal à croire qu'il le fera. Avec sa famille, il ne veut pas être à la charge de son père, cela se comprend* », lettre à Mileva, Milan, 3 octobre 1900.

« *Les deux dernières fois que nous nous sommes vus, tu m'as rappelé ma thèse de doctorat qui, en fait, n'a jamais été terminée – longtemps encore j'ai songé à combien d'autres liens, de nature toute différente, existent entre nous* », Michele Besso à Einstein, 1928.

Remarque : peu d'ouvrages de physique dans la donation Jung, **mais beaucoup d'ouvrages d'électricité datant de 1899-1901** :

- A. Broca, *La télégraphie sans fils* (Paris : Gauthier-Villars, 1899).
- R. Colson, *Traité élémentaire d'électricité, avec principes et applications* (Paris : Gauthier-Villars, 1900).
- H. Poincaré, *Électricité et Optique* (Paris : Carré et Naud, 1901), seconde édition.
- H. Poincaré, *La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes* (Paris : Carré et Naud, 1899)
- H. Poincaré, *Théorie du potentiel*.

Proposition de nomination d'Albert Einstein comme membre de l'*Istituto Lombardo*

Albert Einstein needs no introduction. Even though the theory of relativity has had precedents just like all theories, there can be no doubt nonetheless that Einstein has had the merit of boldly laying down the fundamental postulates that the laws of physics are invariant in a uniform translation motion of a frame of reference and the principle of invariant light speed in vacuum. Later on, while the theory whose foundations he had laid was undergoing strong development, the need to expand its scope of application led him to modify his assumptions by stating that the laws of physics are invariant compared to changes in more general frames of reference. The debate this new theory has triggered in the scientific world, the lively curiosity with which the results of experiments are expected, the recognition achieved even outside the scientific circle, all this shows that this wealth of exceptional achievements is universally attributed to Einstein's views, so that even those who do not agree with him on some particular issue recognize him as a reformer of natural philosophy (4 mai 1922).

Giuseppe Jung, Giulio Vivanti, Luigi Berzolari, Antonio Federico Jorini, Francesco Gerbaldi

Autres membres proposés : Gösta Mittag-Leffler de Paul Painlevé