Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein par les Rayons cathodiques de grande vitesse [suite et fin]

Autor(en): **Guye, C.-E. / Lavanchy, C.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **42 (1916)**

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-743314

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

VÉRIFICATION EXPÉRIMENTALE

DE LA

FORMULE DE LORENTZ-EINSTEIN

par les Rayons cathodiques de grande vitesse

PAR

C.-E. GUYE et Ch. LAVANCHY

(Suite et fin[1]*)*

V. — Résultats et Conclusions

Afin de mieux faire ressortir la façon dont nos résultats se rattachent aux données directes de l'expérience, nous pouvons, par une transformation très simple, mettre nos équations fondamentales sous la forme

$$\beta' = \left[\beta \frac{Ix}{Vy}\right] \frac{V'y'}{I'x'}, \tag{XV}$$

$$\frac{\mu'}{\mu_0} = \left[\frac{\mu}{\mu_0} \frac{Vy^2}{I^2x}\right] \frac{I'^2x'}{V'y'^2}, \tag{XVI}$$

Rappelons que dans ces expressions les lettres affectées de l'indice ′, désignent des grandeurs relatives aux rayons cathodiques étudiés, celles non affectées d'indice correspondent aux mêmes grandeurs pour les rayons cathodiques lents de comparaison; β' et β sont les vitesses des rayons cathodiques rapportées à celle de la lumière, prise comme unité; μ' et μ les masses transversales, correspondant à ces vitesses; μ_0 la masse transversale pour des rayons infiniment lents. Enfin I, I', V, V',

[1]) Voir *Archives,* t. XLII, p. 286 et 353.

sont les courants et les tensions qui produisent les déviations magnétiques et électriques du faisceau cathodique; x, x', y, y', les déviations correspondantes enregistrées photographiquement.

Les quantités entre crochets ne concernent que les rayons de comparaison; elles ont été déterminées une fois pour toutes pour chacune des deux séries d'expériences que comporte ce travail. Suivant que l'on adoptera l'hypothèse de Lorentz-Einstein ou celle d'Abraham, ces quantités entre crochets auront naturellement des valeurs un peu différentes, puisque les rayons de comparaison ne sont pas infiniment lents.

L'ensemble de nos résultats comprend en définitive deux séries de valeurs de β' et les valeurs correspondantes $\frac{\mu'}{\mu_0}$ obtenues ainsi que nous venons de l'indiquer par les formules XV et XVI. Dans chacune de ces séries les expériences sont ordonnées suivant les vitesses croissantes des rayons cathodiques étudiés.

Nous ne pouvons dans un périodique faire figurer le relevé complet des diverses données d'expériences qui ont servi à établir ces deux tableaux; elles seront publiées d'ailleurs dans les *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève* avec la discussion détaillée des résultats.

Nous nous bornerons à rappeler cependant que ces tableaux résultent des mesures effectuées sur près de 150 clichés, comprenant environ deux mille doubles déviations (électriques et magnétiques).

Quant aux valeurs des vitesses de comparaison qui figurent à la première ligne de chaque tableau, elles résultent également d'un très grand nombre de mesures faites dans des conditions expérimentales particulièrement faciles et favorables, puisqu'il s'agissait de rayons cathodiques lents, ainsi que nous l'avons exposé au cours de ce mémoire.

La comparaison de nos résultats avec la formule d'Abraham donnerait lieu également à deux tableaux analogues aux précédents. Nous ne les avons pas fait figurer ici [1], mais la compa-

[1]) Ils seront publiés dans les *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle* de Genève.

1re série

THÉORIE DE LORENTZ-EINSTEIN				THÉORIE DE LORENTZ-EINSTEIN			
β'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ obs.	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ calc.	Δ	β'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ obs.	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ calc.	Δ
(0.2277)	—	(1.027)	—	0.3309	1.049	1.060	− 0.011
0.2556	1.031	1.034	− 0.003	0.3324	1.051	1.060	− 0.009
0.2582	1.035	1.035	± 0.000	0.3328	1.067	1.061	+ 0.006
0.2584	1.045	1.035	+ 0.010	0.3332	1.062	1.061	+ 0.001
0.2584	1.049	1.035	+ 0.014	0.3333	1.049	1.061	− 0.012
0.2589	1.045	1.035	+ 0.010	0.3405	1.059	1.064	− 0.005
0 2591	1.039	1.035	+ 0.004	0.3411	1.070	1.064	+ 0.006
0.2593	1.043	1.035	+ 0.008	0.3419	1.067	1.064	+ 0.003
0.2634	1.043	1.037	+ 0.006	0.3433	1.071	1.064	+ 0.007
0.2839	1.031	1.043	− 0.012	0.3435	1.064	1.065	− 0.001
0.2919	1.038	1.045	− 0.007	0.3436	1.064	1.065	− 0.001
0.2930	1.043	1.046	− 0.003	0.3436	1.059	1.065	− 0.006
0.2935	1.043	1.046	− 0.003	0.3438	1.068	1.065	+ 0.003
0.2937	1.041	1.046	− 0.005	0.3440	1.055	1.065	− 0.010
0.2971	1.048	1.047	+ 0.001	0.3444	1.065	1.065	± 0.000
0.3018	1.039	1.049	− 0.010	0.3446	1.063	1.065	− 0.002
0.3077	1.050	1.051	− 0.001	0.3475	1.065	1.066	− 0.001
0.3084	1.046	1.051	− 0.005	0.3480	1.069	1.066	+ 0.003
0.3088	1.052	1.051	+ 0.001	0.3489	1.070	1.067	+ 0.003
0.3089	1.046	1.051	− 0.005	0.3503	1.067	1.067	± 0.000
0.3093	1.051	1.052	− 0.001	0.3545	1.073	1.069	+ 0.004
0.3093	1.050	1.052	− 0.002	0.3548	1.064	1.069	− 0.005
0.3094	1.037	1.052	− 0.015	0 3564	1.077	1.070	+ 0.007
0.3106	1.050	1.052	− 0.002	0.3571	1.070	1.070	± 0.000
0.3125	1.050	1.053	− 0.003	0.3576	1.069	1.071	− 0.002
0.3187	1.056	1.055	+ 0.001	0.3593	1.062	1.071	− 0.009
0.3190	1.056	1.055	+ 0.001	0 3618	1.074	1 072	+ 0.002
0.3191	1.052	1.055	− 0.003	0.3623	1.067	1.073	− 0 006
0.3192	1.057	1.055	+ 0.002	0.3646	1.067	1.074	− 0.007
0.3213	1.065	1.056	+ 0.009	0.3649	1.075	1.074	+ 0.001
0.3259	1.068	1.058	+ 0.010	0.3651	1.058	1.074	− 0.016
0.3287	1.055	1.059	− 0.004	0.3708	1.073	1.077	− 0.004
0.3291	1.064	1.059	+ 0.005	0.3788	1.077	1.080	− 0.003
0.3293	1.065	1.059	+ 0.006	0.3819	1.082	1.082	± 0.000
0.3293	1.070	1.059	+ 0.011	0.3838	1.083	1.083	± 0.000
0.3305	1.066	1.060	+ 0.006	0.3865	1.074	1.084	− 0.010
0.3306	1.062	1.060	+ 0.002	0.3865	1.084	1.084	± 0.000
0.3307	1.065	1.060	+ 0.005	0.3866	1.087	1.084	+ 0.003

THÉORIE DE LORENTZ-EINSTEIN				THÉORIE DE LORENTZ-EINSTEIN			
β'	$\frac{\mu'}{\mu^0}$ obs.	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ calc.	Δ	β'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ obs.	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ calc.	Δ
0.3873	1.083	1.085	− 0.002	0.3914	1.100	1.087	+ 0.013
0.3903	1 071	1.086	− 0.015	0.3969	1.092	1.090	+ 0.002
0.3903	1.082	1.086	− 0.004	0.3993	1.095	1.091	+ 0.004
0.3904	1.087	1.086	+ 0.001	0.4228	1.112	1.103	+ 0.009
				2me série			
(0.2281)	—	(1.027)	—	0.4232	1.109	1.103	+ 0.006
0.3110	1.055	1.052	+ 0.003	0.4298	1.116	1.107	+ 0.009
0.3118	1.054	1.052	+ 0.002	0.4310	1.109	1.108	+ 0.001
0.3141	1.055	1.053	+ 0.002	0.4319	1.111	1.109	+ 0.002
0.3266	1.044	1.058	− 0.014	0.4334	1.105	1.109	− 0.004
0.3925	1.091	1.087	+ 0.004	0.4349	1.120	1.110	+ 0 010
0.3969	1.088	1.090	− 0.002	0.4384	1.118	1.113	+ 0.005
0.3979	1.090	1.090	± 0.000	0 4386	1.107	1.113	− 0 006
0.3999	1.087	1.091	− 0 004	0.4416	1.115	1.114	+ 0.001
0.4019	1.095	1.092	+ 0.003	0.4423	1.119	1.115	+ 0.004
0.4029	1.093	1.093	± 0 000	0 4424	1.128	1.115	+ 0.013
0.4029	1.098	1.093	+ 0.005	0.4438	1.107	1.116	− 0.009
0.4056	1.098	1.094	+ 0 004	0.4453	1.123	1.117	+ 0.006
0.4063	1.096	1.095	+ 0.001	0.4474	1.117	1.118	− 0.001
0.4066	1.098	1.095	+ 0 003	0.4487	1.117	1.119	− 0.002
0.4068	1.099	1.095	+ 0.004	0.4532	1.128	1.121	+ 0.007
0.4088	1.100	1.096	+ 0.004	0.4550	1.122	1.123	− 0.001
0.4097	1.105	1.096	+ 0.009	0.4553	1.127	1.123	+ 0.004
0.4106	1.100	1.096	+ 0.004	0.4577	1.120	1.125	− 0.005
0.4108	1.101	1.097	+ 0.004	0.4605	1.120	1.126	− 0.006
0.4113	1.101	1.097	+ 0.004	0.4622	1.118	1.127	− 0.009
0 4115	1.101	1.097	+ 0.004	0.4636	1.124	1.129	− 0.005
0.4134	1.100	1.098	+ 0.002	0.4677	1.129	1.131	− 0.002
0.4149	1.101	1.099	+ 0.002	0.4693	1.131	1.132	− 0.001
0.4155	1.106	1.099	+ 0.007	0.4702	1.124	1.133	− 0.009
0 4161	1.091	1.100	− 0.009	0.4719	1.152	1.134	+ 0.018
0.4166	1.101	1.100	+ 0.001	0.4723	1.149	1.134	+ 0.015
0.4166	1.005	1.100	+ 0.005	0.4769	1.139	1.138	+ 0.001
0.4171	1.096	1.100	− 0.004	0.4787	1.143	1.139	+ 0.004
0.4172	1.101	1.100	+ 0.001	0.4797	1.135	1.140	− 0.005
0.4178	1.100	1.101	− 0.001	0.4825	1.135	1.142	− 0.007
0.4199	1.096	1.102	− 0.006	0.4825	1.136	1.142	− 0.006
0.4228	1.100	1.103	− 0.003	0.4834	1.132	1.142	− 0.010
0.4230	1.102	1.103	− 0.001	0.4903	1.153	1.147	+ 0.006

raison avec la formule d'Abraham ressort de notre tableau final ainsi que de la courbe (fig. 5) qui résument en définitive l'ensemble de toutes nos expériences.

Pour obtenir ce dernier tableau, nous avons d'abord classé par ordre de vitesse croissante et *sans distinction de série*, tous les résultats précédents. En effectuant les moyennes des valeurs

Tableau final (1)

THÉORIE DE LORENTZ-EINSTEIN				THÉORIE D'ABRAHAM			
β'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ obs.	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ calc.	Δ	β'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ obs.	$\frac{\mu'}{\mu_0}$ calc.	Δ
(0.2279)	—	(1.027)	—	(0.2286)	—	(1.021)	—
0.2581	1.041	1.035	+ 0.006	0.2588	1.035	1.027	+ 0.008
0.2808	1.042	1.042	± 0.000	0.2816	1.036	1.033	+ 0.003
0.3029	1.046	1.049	− 0.003	0.3038	1.040	1.039	+ 0.001
0.3098	1.048	1.052	− 0.004	0.3107	1.042	1.040	+ 0.002
0.3159	1.054	1.054	± 0.000	0.3168	1.048	1.042	+ 0.006
0.3251	1.059	1.058	+ 0.001	0.3260	1.053	1.045	+ 0.008
0.3302	1.063	1.060	+ 0.003	0.3311	1.057	1.047	+ 0.010
0.3356	1.060	1.062	− 0.002	0.3365	1.054	1.049	+ 0.005
0.3433	1.066	1.065	+ 0.001	0 3443	1.060	1.051	+ 0.009
0.3462	1.065	1.066	− 0.001	0.3472	1.059	1.053	+ 0.006
0.3551	1.070	1.069	+ 0.001	0.3561	1.064	1.055	+ 0.009
0.3630	1.067	1.073	− 0.006	0.3640	1.061	1.058	+ 0.003
0.3813	1.079	1.082	− 0.003	0.3824	1.072	1.065	+ 0.007
0.3894	1.085	1.086	− 0.001	0.3905	1.078	1.069	+ 0.009
0.3972	1.091	1.090	+ 0.001	0.3985	1.084	1.072	+ 0.012
0.4044	1.096	1.094	+ 0.002	0.4055	1.089	1.074	+ 0.015
0.4097	1.101	1.096	+ 0.005	0.4108	1.094	1.077	+ 0.017
0.4147	1.100	1.099	+ 0.001	0.4159	1.093	1.079	+ 0.014
0.4186	1.100	1.101	− 0.001	0.4198	1.093	1.080	+ 0.013
0.4270	1.110	1.106	+ 0.004	0.4282	1.103	1.084	+ 0.019
0.4382	1.114	1.112	+ 0.002	0.4394	1.107	1.089	+ 0.018
0.4468	1.120	1.117	+ 0.003	0.4481	1.113	1.093	+ 0.020
0.4591	1.122	1.126	− 0.004	0.4604	1.115	1.099	+ 0.016
0.4714	1.137	1.134	+ 0.003	0.4727	1.130	1.105	+ 0.025
0.4829	1.139	1.142	− 0.003	0.4842	1.132	1.111	+ 0.021

(1) Ce tableau a été communiqué à l'Académie des Sciences dans sa séance du 19 juillet 1915. *C. R.* 161, 1915, p. 52 ; les valeurs placées entre parenthèses sont relatives aux rayons de comparaison.

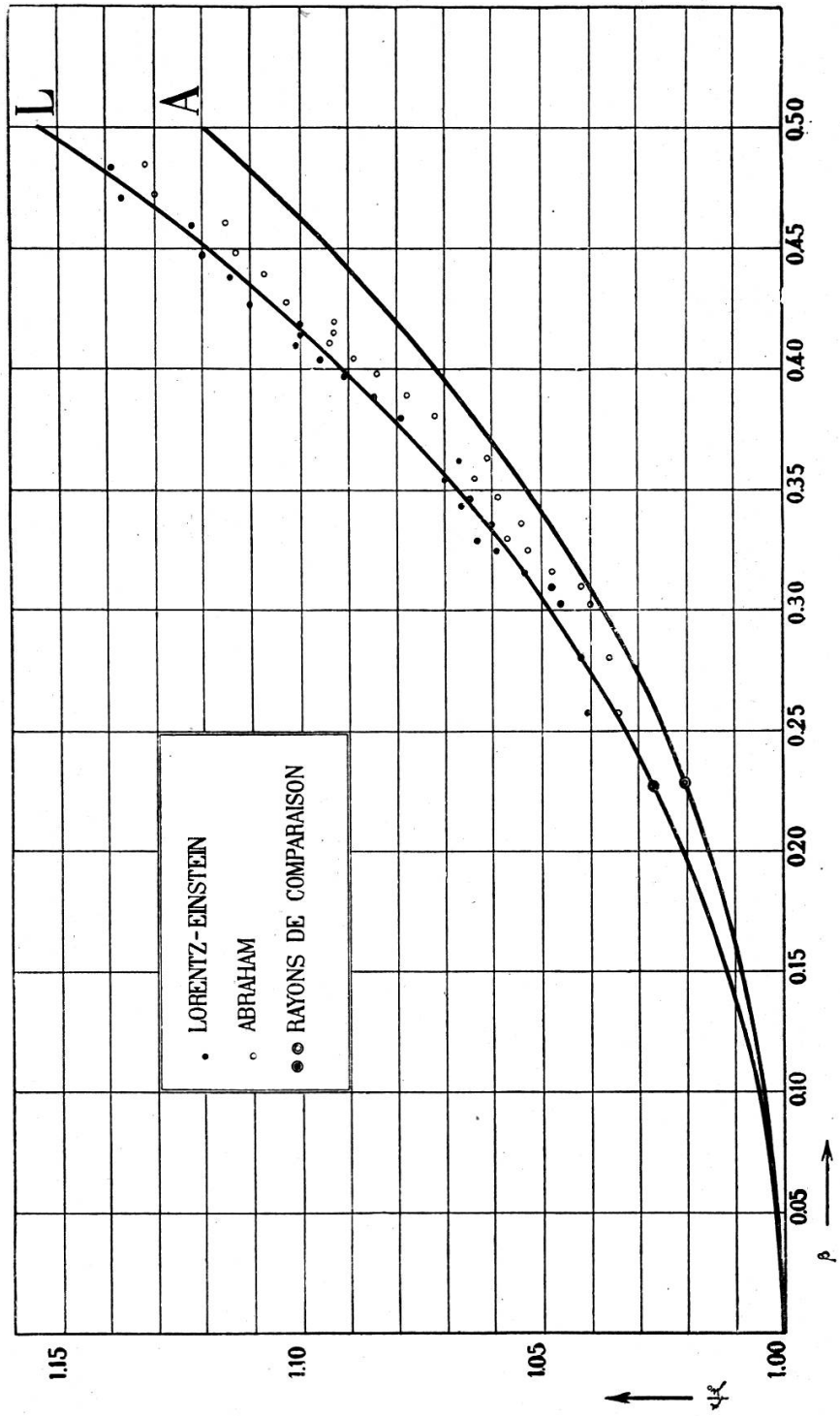

Fig. 5. — Résultats et courbes théoriques

de β' et de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ groupées six par six, nous avons obtenu en définitive vingt-cinq valeurs de β' et les valeurs correspondantes de $\frac{\mu'}{\mu_0}$. Ce calcul a été effectué dans l'hypothèse de Lorentz-Einstein et dans celle d'Abraham ; le tableau final ci-contre en donne le résultat.

Ce tableau nous a permis d'établir le graphique de la fig. 5 où les valeurs de β' sont portées en abcisses et les valeurs de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ en ordonnées. Les courbes L et A tracées sur la figure représentent d'autre part la variation théorique de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ dans les deux hypothèses.

La discussion de ces résultats est grandement facilitée par l'ensemble des considérations développées soit dans ce mémoire, soit dans celui de M. C.-E. Guye et S. Ratnowsky où les avantages généraux de la méthode ont été exposés de façon détaillée et résumés en particulier dans les conclusions du travail.

Ces avantages ressortent d'ailleurs en grande partie de l'inspection même de nos formules fondamentales XV et XVI.

Nous reconnaissons, en effet, par ces formules que les valeurs absolues de β' et $\frac{\mu'}{\mu_0}$ ne dépendent en définitive que d'une seule valeur absolue ; celle de la vitesse β des rayons lents de comparaison.

Cette grandeur ne dépend elle-même en valeur absolue, que de la valeurs adoptée pour $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$ et du potentiel de décharge U des rayons lents de comparaison. La première de ces grandeurs est actuellement bien connue, particulièrement par les recherches de Classen ; la seconde peut être déterminée avec une grande exactitude puisqu'il s'agit d'un potentiel de décharge relativement bas.

Il en résulte que l'incertitude qui peut entacher les valeurs entre crochets des formules XV et XVI doit être très faible. Indépendamment des conditions particulièrement favorables dans lesquelles ces déterminations sont effectuées, elles ont comporté un très grand nombre de mesures, de façon à éliminer

aussi complètement que possible les causes d'erreur qui peuvent provenir des variations de dureté du tube au cours d'une expérience, si rapide soit-elle.

D'autre part l'examen des formules XV et XVI nous montre que toutes les grandeurs expérimentales (soit I, I', V, V', x, x', y, y') qui figurent dans ces formules *sont disposées symétriquement au numérateur et au dénominateur de ces expressions*. Les valeurs de β' et de $\frac{\mu'}{\mu_0}$ ne dépendent donc pas des valeurs absolues de ces grandeurs, mais seulement de leurs valeurs relatives, quelle que soit l'échelle à l'aide de laquelle elles ont été mesurées. Si l'on ajoute que les grandeurs I, I', V, V' d'une part ont été mesurées sur le *même instrument*, dont la division avait été soigneusement vérifiée, que, d'autre part, les déviations x, x', y y' enregistrées sur les clichés ont été mesurées à l'aide de la *même règle divisée*, on se rendra compte que l'erreur systématique qui peut entacher les résultats doit être extrêmement petite; les erreurs accidentelles étant en partie éliminées par le grand nombre des mesures effectuées.

En résumé, il ressort des tableaux et du graphique qui précèdent, ainsi que des considérations que nous venons de développer, que *la formule de Lorentz-Einstein relative à la variation de l'inertie en fonction de la vitesse se trouve vérifiée avec une grande exactitude par l'ensemble de nos mesures.*

La répartition à peu près indifférente des écarts positifs et négatifs, jointe au grand nombre de mesures effectuées semble bien indiquer, en outre, que la formule de Lorentz-Einstein représente une loi très exacte que des déterminations individuellement plus précises ne parviendraient pas aisément à mettre en défaut[1].

[1]) En particulier si l'on fait la moyenne algébrique des écarts Δ pour chacune des deux théories on trouve

Lorentz-Einstein	$\Delta_{\text{moy.}} = + 0.0002$
Abraham	$\Delta_{\text{moy.}} = + 0.0112$

L'écart algébrique moyen avec la formule d'Abraham est incomparablement plus grand qu'avec celle de Lorentz-Einstein, pour laquelle cet écart est *insignifiant*.