Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 4 (1922)

Artikel: Transformation de l'énergie rayonnante à l'aide de l'ellipsoïde d'onde

Autor: Guillaume, Edouard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-742028

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

aperçoit les étincelles venant de A' et B'; il ne satisfait donc plus aux conditions imposées par la définition.

3. Schidlof prétend que la position de mon observateur M'' est indéterminée, parce qu'elle varie avec la vitesse du train. On pourrait tout aussi bien dire que la position de l'observateur M' d'Einstein est indéterminée parce qu'elle dépend du moment où les étincelles éclatent. Il est évident que la position de M'' et celle de M' dépendent des données particulières de chaque expérience, mais pour chaque expérience cette position est déterminée, et cela suffit.

Il y a, dans l'expérience d'Einstein, deux moments intéressants: le moment où les étincelles éclatent et celui où leurs images apparaissent dans les miroirs. Toute la question se réduit à ceci: l'observateur doit-il se trouver au point-milieu au moment où les étincelles éclatent, ou au moment où les images se forment ? La réponse est simple: un observateur doit être à son poste quand il fait son observation; le reste du temps, il peut aller se promener où bon lui semble. L'observateur d'Einstein agit à rebours du bon sens : il est à son poste lorsque les étincelles éclatent, c'est-à-dire à un moment où il n'observe rien dans ses miroirs, et lorsqu'il observe quelque chose (l'image des étincelles) il n'est plus à son poste, car il n'est plus au milieu de la distance qui sépare ces étincelles. Il est donc disqualifié pour juger de leur simultanéité ou non-simultanéité.

Edouard GUILLAUME. — *Transformation de l'énergie rayonnante à l'aide de l'ellipsoïde d'onde.*

Considérons un ébranlement lumineux, qui produise une onde sphérique Σ dans un système de référence S. J'ai montré[1] que si l'on applique à cette onde la transformation de LORENTZ, on trouve que l'onde émise, pour un système S' animé d'une translation uniforme de vitesse v par rapport à S, avait la forme, non pas d'une sphère, mais d'un *ellipsoïde* Σ', dont l'un

[1] *Arch.* (5), 3, p. 311. *Revue générale des Sciences*, p. 5, janvier 1922 et p. 322, juin 1922.

des foyers est occupé par l'ébranlement et qui a pour excentricité le rapport $\beta = v : c$, de la vitesse v à la vitesse de la lumière par rapport à S.

Considérons l'onde Σ à un instant déterminé; soit R son rayon à cet instant. L'équation de Σ', au même instant, en coordonnées polaires (r', φ') s'écrit alors (cf. *loc. cit.*):

$$r' = \frac{\alpha R}{1 + \beta \cos \varphi'} = \frac{R}{\alpha} (1 - \beta \cos \varphi), \qquad (\Sigma')$$

φ' étant l'angle compris entre les vecteurs r' et v; $\alpha^2 = 1 - \beta^2$. En outre:

$$\cos \varphi' = \frac{\cos \varphi - \beta}{1 - \beta \cos \varphi}. \qquad (1)$$

Dans la présente note, je me propose de montrer comment l'ellipsoïde Σ' conduit directement aux transformations de l'énergie rayonnante données pour la première fois par Einstein et cela, *sans changer la géométrie des systèmes.*

Rappelons d'abord comment EINSTEIN procède. L'application de la transformation de Lorentz aux équations de MAXWELL-LORENTZ donne entre les densités d'énergie w et w' relativement à S et à S' la relation connue:

$$w' = w \frac{(1 - \beta \cos \varphi)^2}{\alpha^2} \qquad (2)$$

Au lieu d'une onde sphérique, Einstein envisage un train d'ondes planes. Alors w et w' sont indépendantes du lieu ; elles ne peuvent dépendre que des directions φ ou φ' que font les normales aux ondes avec v. Puis, Einstein imagine une surface géométrique sphérique, de rayon invariable, mais emportée avec la vitesse de la lumière à l'intérieur du train d'ondes. Appliquant la transformation de Lorentz à cette surface, il trouve qu'elle doit apparaître comme un ellipsoïde pour S', et calcule le rapport des volumes V et V', il obtient:

$$(3) \qquad V' = V \frac{\alpha}{(1 - \beta \cos \varphi)}.$$

Multipliant (2) et (3), Einstein tombe sur la relation demandée.

Voici, par contre, comment nous procéderons.

En coordonnées sphériques, l'élément de volume a pour expression:

$$d^3v = \rho^2\, d\rho \sin\varphi\, d\varphi\, d\psi\,. \tag{4}$$

Comme nous avons affaire à une source ponctuelle, pour une direction donnée, la densité de l'énergie décroit en raison inverse du carré de la distance au centre d'émission. La relation (2) reste valable; w et w' sont alors les densités d'énergie à l'unité de distance dans les directions φ et φ' respectivement. Nous poserons:

$$W = \frac{w}{\rho^2} \quad ; \qquad W' = \frac{w'}{\rho'^2}$$

où ϱ et ϱ' satisfont évidemment à l'équation d'un ellipsoïde homothétique à Σ'.

On a donc pour l'énergie d'un pinceau de rayons issus du centre et limités à la périphérie de Σ:

$$dE = W\, d^2v = w \sin\varphi\, d\varphi\, d\psi \int_0^R d\rho = wR \sin\varphi\, d\varphi\, d\psi\,. \tag{5}$$

Pour trouver l'énergie correspondante d'un pinceau de rayons issus du foyer et limités à la surface de Σ', il suffit d'exprimer analytiquement $\sin\varphi'\, d\varphi'$ en fonction de φ en dérivant (1); puis, on formera l'expression:

$$dE' = W'\, d^2v' = w \sin\varphi\, d\varphi\, d\psi \int_0^{r'} d\rho' = w\,\frac{R}{\alpha}\,(1 - \beta\cos\varphi) \sin\varphi\, d\varphi\, d\psi\,. \tag{6}$$

De (5) et(6), on tire immédiatement la relation cherchée d'Einstein:

$$dE' = \frac{dE}{\alpha}\,(1 - \beta\cos\varphi)\,. \tag{7}$$

En outre, en intégrant (6) dans tout le volume de l'ellipsoïde, on trouve la célèbre relation:

$$E' = \frac{E}{\alpha} = \frac{E}{c^2}\left(c^2 + \frac{1}{2}v^2 + \frac{3}{8}\frac{v^4}{c^2} + \dots\right).$$

dont on a déduit que l'énergie possède une *masse*; le second terme du développement donne la part d'énergie cinétique newtonienne.

Un calcul analogue montre que les volumes V et V' de la sphère et de l'ellipsoïde satisfont à une relation de même forme, de sorte que:

$$\frac{E'}{V'} = \frac{E}{V}.$$

On peut dire que la densité moyenne est un invariant. Par le mouvement de la source (centre d'ébranlement), l'énergie rayonnée augmente; mais elle occupe un volume plus grand; la densité moyenne ne varie pas.

Il est à remarquer qu'il est possible d'établir la relation (6) par un raisonnement purement relativiste. A cet effet, il suffit: 1° de passer sous silence l'ellipse Σ'; 2° d'établir la relation entre r' et R ou entre ϱ' et ϱ en remarquant que les longueurs perpendiculaires au mouvement restent inaltérées. Cette propriété permet d'écrire des égalités de la forme:

$$\varrho \sin \varphi = \varrho' \sin \varphi'$$

qui, en fait, ne sont autres que des équations d'ellipsoïdes homothétiques à Σ'.

Il est intéressant de relever que ces équations représentent également une *loi de réfraction:* lorsqu'un rayon quitte un système S pour entrer dans un système S', tout se passe comme s'il subissait une réfraction conforme à la théorie de l'*émission*.

Ainsi, les propriétés fondamentales de l'énergie rayonnante reposent sur le fait qu'une onde sphérique devient ellipsoïdale pour un observateur en mouvement.