Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 4 (1922)

Artikel: Comment l'énergie rayonnante se propage-t-elle ?
Autor: Guillaume, Edouard
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-741985

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: 15.07.2025

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

n'avait pas de sens physique universel. Ceci est en contradiction avec ce que j'ai exposé dans mon mémoire des *Archives* (1920, p. 289) et que M. Gruner semble ignorer. Le système XOU est uniquement nécessaire dans la représentation de M. Gruner parce que, pour chaque nouvelle valeur de α, ce physicien doit changer ses deux systèmes d'axes.

En outre, M. Gruner avance une affirmation qui est contraire aux conclusions de M. Mirimanoff.[1] Ce mathématicien prétend donner une interprétation physique du temps t en le ramenant au temps d'un système moyen intermédiaire, et affirme, *sans le démontrer*, que lorsque M. Guillaume considère 3 systèmes, il ne peut y avoir une valeur unique de t. Or, dans le mémoire mentionné ci-dessus et dans ma communication au Congrès international des Mathématiciens à Strasbourg, j'ai pu démontrer que cette affirmation n'était pas soutenable. Il serait hautement désirable que ceux qui écrivent sur la matière n'ignorent pas les travaux qui ont déjà élucidé la question. Ils éviteraient ainsi des inexactitudes et des contradictions.

Edouard GUILLAUME (Berne). — *Comment l'énergie rayonnante se propage-t-elle* ?

a) Le problème fondamental qui est à la base de la Relativité restreinte peut s'énoncer comme suit.

« On produit en un point d'une voie (système S) un signal lumineux qui, par hypothèse, donne naissance à une onde sphérique ayant ce point pour centre et dont le rayon R augmente à raison de 300 000 kilomètres à la seconde. Comment cette onde apparaît-elle à des observateurs entraînés avec un train (système S′) animé d'une translation uniforme de vitesse v sur la voie ? »

Tant que les physiciens ne se seront pas mis d'accord sur la solution à donner à cette question, la Théorie de la relativité tout entière ne pourra être qu'obscure et continuera à faire l'objet de vaines controverses.

On se souvient que dans les discussions qui eurent lieu au

[1] D. MIRIMANOFF, *Archives*, (5), 3, supplément p. 46, 1921.

Collège de France, en présence d'Einstein, M. Langevin[1] utilisa le diagramme Espace-Temps de Minkowski de façon que l'onde apparaisse, aux observateurs du train, également sous la forme d'une sphère dont le centre est immobile pour S′ et dont le rayon R′ conserve constamment la longueur R.

Or, dans une série de très intéressantes constructions graphiques[2], basées sur un principe nouveau, M. le Prof. Gruner (Berne) aborde la question et en donne une autre solution. Selon lui, les rayons R et R′ ne restent pas égaux: le rayon R′ est plus grand que R dans la proportion $1 : \sqrt{1-\beta^2}$ ($\beta = v : c$).

Ainsi donc, voici deux physiciens également qualifiés, qui donnent chacun une solution différente du problème fondamental. Il n'est guère possible de mettre en évidence d'une façon plus saisissante l'*insuffisance* des principes qui sont à la base de la Relativité restreinte.

Soient τ et τ' les paramètres temporels afférents aux systèmes S et S′ respectivement; τ et τ' sont liés par la transformation de Lorentz (T. L.). L'insuffisance en question provient de ce qu'ayant abandonné le temps *universel* et n'ayant rien mis à la place, les relativistes ne possèdent aucun critère qui leur permette d'établir une liaison univoque entre τ et τ'. Toutes les relations sont alors possibles. Si, par contre, on s'en tient à la conception classique, suivant laquelle le temps, dans chaque problème, doit être toujours représenté par le *même* paramètre, l'onde pour le système S′ a une forme parfaitement déterminée: elle apparaît non pas comme une sphère, mais comme un *ellipsoïde* (Cf. *Archives*, *loc. cit.*) ayant un foyer au centre d'ébranlement et β comme excentricité. Nous pourrons alors résumer les trois cas de la façon suivante:

(I)	$\tau' = \tau$	(Sphère-Langevin)
(II)	$\tau' = \tau / \sqrt{1-\beta_2}$	(Sphère-Gruner)
(III)	$\tau' = \tau\sqrt{1-\beta^2} - \beta\frac{x'}{c}$	(Ellipsoïde)

Ces considérations critiques posées, nous allons montrer qu'avec la conception classique du temps, il existe, pour le

[1] *Archives*, ce volume p. 238.
[2] *Zeitschr. für Physik*, Vol. 10, Fasc. 1, p. 36, 1922.

système S′, outre l'ellipsoïde d'onde, une *sphère* remarquable ayant un rayon de même grandeur que celui de la sphère-Gruner, c'est-à-dire $1 : \sqrt{1 - \beta^2}$ fois plus grand que le rayon de l'onde produite dans S. Cette sphère n'est pas autre chose que la *podaire* de l'ellipsoïde d'onde par rapport au foyer lumineux, et l'analogie avec l'Optique cristalline nous suggère immédiatement la signification de cette sphère: elle constitue la *surface des vitesses normales*, dont l'ellipsoïde est la *surface d'onde* correspondante, puisqu'il est l'enveloppe des plans normaux aux extrémités de tous les rayons de la podaire.

La manière dont se déduit l'équation de la surface des vitesses normales est aussi simple que curieuse. On considère l'argument d'une onde *plane:*

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} (x \cos \varphi + y \sin \varphi - c\tau)$$

et on lui applique la T.L.:

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda'} (x' \cos \varphi' + y' \sin \varphi' - c\tau') \ .$$

Autrement dit, Φ est un *invariant*, comme on le savait. Cela posé, faisons appel à la notion de temps universel. Le paramètre temporel *indépendant* est ici τ; il faut donc éliminer τ' à l'aide de (III). On trouve:

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda'} \left\{ (\beta - \cos \varphi') \, x' + y' \sin \varphi' - \alpha c \tau \right\} ,$$

où $\alpha^2 = 1 - \beta^2$. En annulant Φ, on obtient l'équation d'un plan perpendiculaire à la direction de propagation. Mise sous forme normale, son équation est:

$$x' \cos \psi' + y' \sin \psi' - \rho = 0$$

et il est facile de calculer ψ' et ρ. On trouve les relations remarquables:

$$\operatorname{tg} \psi' = \frac{1}{\alpha} \operatorname{tg} \varphi \tag{1}$$

$$\begin{gathered} \rho^2 - 2d\rho \cos \psi' + d^2 = r^2 \\ r = c/\alpha \quad ; \qquad d = \beta c/\alpha \end{gathered} \tag{2}$$

On voit immédiatement que l'équation (2) donne la podaire cherchée à l'instant $\tau = 1$ sec, et qu'elle jouit des propriétés énoncées.

Ces résultats s'étendent sans difficulté au cas de la *matière* transparente, d'indice de réfraction n (Expérience de Fizeau). La surface des vitesses normales est alors du quatrième degré. Son étude fera l'objet d'une prochaine communication.

Il est à peine besoin d'insister sur l'importance des considérations précédentes: elles montrent la voie à suivre pour rattacher la Théorie de la Relativité restreinte à l'Optique classique, fondée par Fresnel.

b) Pour trouver comment l'*énergie* d'un train d'ondes planes *se transforme* lorsqu'on passe du système S au système S', Einstein[1] exécute un calcul, qui, de prime abord, semble quelque peu mystérieux. L'application de T.L. aux équations de Maxwell-Lorentz lui donne immédiatement la relation entre les amplitudes A et A' des vecteurs électrique et magnétique, donc entre leurs carrés, c'est-à-dire les *densités* de l'énergie $A^2/8\pi$ et $A'^2/8\pi$. Or, A^2/A'^2 serait le rapport des énergies d'un même rayonnement dans S et S' si les volumes contenant ce rayonnement étaient égaux dans les deux systèmes. Ceci n'est pas le cas, car, d'après Einstein, la Géométrie est « relative » et il faut en tenir compte. A cet effet, Einstein imagine une surface géométrique sphérique de rayon, c'est-à-dire de volume V, invariable, mais emportée avec la vitesse de la lumière à l'intérieur du train d'ondes. Appliquant la T.L. à cette surface, il trouve qu'elle doit apparaître comme un ellipsoïde de volume V' pour S', et calcule le rapport V :V'.

Une étude de cet ellipsoïde et de la variation de son volume V' avec la direction du train d'onde permet de reconnaître que son introduction par Einstein revient à ramener l'énergie rayonnante au volume d'un *cylindre* ayant l'unité de surface comme section droite et la longueur d'onde λ' comme hauteur. Ainsi donc, il n'est nullement besoin de bouleverser la Géométrie pour retrouver le résultat d'Einstein, car son calcul revient simplement à rapporter l'énergie, dans chaque système, au « cylindre d'onde », ce qui est un procédé constamment utilisé en Elasticité, en général dans la Physique ondulatoire.

[1] *Ann. de Physik* (4), *17*, 1905, § 8, p. 913. Voir aussi l'ouvrage de M. Jean Becquerel, *Le principe de Relativité et la Théorie de la Gravitation*, p. 92 et 93.