Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 3 (1921)

Artikel: Sur la définition einsteinienne de la simultanéité
Autor: Saussure, René de
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-741076

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

des atomes vibrants, mais les périodes que lui apportent les rayons qui en émanent et qui sont justement Θ_1 et Θ_2. De toute façon, le raisonnement d'Einstein demeure incompréhensible.

De Saussure, René (Berne). — *Sur la définition einsteinienne de de la simultanéité.*

Pour définir la simultanéité de deux événements se passant aux points A et B d'un même système S, Einstein[1] place au milieu M de la distance AB deux miroirs inclinés à 45°. Si les deux événements, par exemple deux éclairs, ne donnent lieu, dans les miroirs, qu'à une seule image (double), ces deux événements sont dits *simultanés ;* s'ils donnent lieu à deux images successives, les événements sont dits *non-simultanés.* Einstein admet en outre que la lumière émise par les sources A et B se propage avec une vitesse constante c, dans toutes les directions.

Cette définition est claire, mais pour qu'elle soit applicable, deux conditions doivent être remplies : 1. Le système formé par les points A et B doit être rigide ; cette condition est remplie dans la démonstration d'Einstein relative à deux systèmes (système-voie et système-train) en mouvement l'un par rapport à l'autre ; 2. les miroirs M doivent être au milieu de la distance AB, *lorsque les images se forment dans ces miroirs.*

Il ne sert de rien, en effet, que les miroirs M soient au milieu de AB, tant qu'il ne s'y forme point d'images, puisque les miroirs ne servent pas à autre chose qu'à observer des images. Il est donc indifférent que les miroirs M soient au milieu de AB (ou n'y soient pas), lorsque les éclairs se produisent, puisqu'à ce moment on ne voit rien

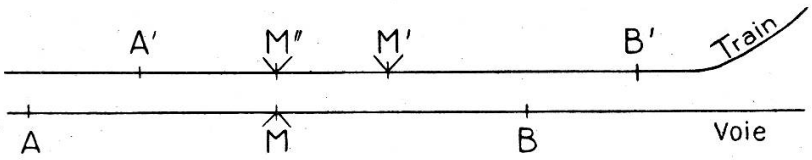

Fig. 1.

dans les miroirs. Par contre, il est essentiel que les miroirs soient au milieu de AB, lorsque l'image des éclairs s'y forme, puisque c'est le *seul* moment où intervient la condition $AM = MB$.

Mais, dire que les miroirs doivent être au milieu de AB, lorsque les images s'y forment, cela revient à dire que les points de repère A, B, servant à déterminer ce milieu, doivent coïncider avec les sources lumineuses A, B, *lorsque les images se forment.* Or, cette

[1] Einstein, A. La Théorie de la relativité *(mise à la portée de tout le monde)*, traduction française. Paris, Gauthier-Villars & Cie., 1921, p. 21.

condition (impliquée dans la définition elle-même) n'est pas remplie dans l'exemple choisi par Einstein : lorsque les images se forment dans les miroirs M' de l'observateur qui est dans le train, les points A', B', qui servent à déterminer le point milieu M', ne coïncident pas avec les points A et B, qui servent de source lumineuse. La définition n'est donc plus applicable, c'est-à-dire que l'observateur M' ne peut pas conclure de la non-simultanéité des images à la non-simultanéité des éclairs.

Du reste, on voit immédiatement sur la figure que le point M' n'est pas au milieu des sources lumineuses A et B ; et non seulement il n'est pas au milieu, mais c'est précisément parce qu'il n'est pas au milieu qu'il reçoit des images consécutives, car Einstein lui-même dit que l'observateur M' va au devant des rayons lumineux venant de B et que c'est pour cela qu'il verra l'image de B plus tôt que celle de A ; il considère donc bien *les rayons lumineux comme émanant* de A et de B, et non de A' et de B'. Du reste, si les rayons lumineux émanaient de A' et de B', l'observateur M' ne verrait qu'une seule image (double) et non deux images consécutives, puisque $A'M' = M'B'$. (Dans cette hypothèse, c'est l'observateur M qui verrait deux images, mais qui ne pourrait rien conclure, puisqu'il ne serait pas au milieu de $A'B'$ lors de la formation des images dans sa paire de miroirs.)

Enfin, si l'on supposait que non seulement les points A, B, mais aussi les points A', B' jouent le rôle de sources lumineuses, les deux systèmes (voie et train) deviendraient *absolument symétriques*, et il serait contraire au principe de relativité de supposer que les observations des observateurs M et M' puissent différer en quoi que ce soit l'une de l'autre. (En réalité, dans cette hypothèse, chaque observateur verra trois images : l'observateur M' par exemple verrait d'abord l'image de B, puis une image double venant de A' et de B', enfin une image simple venant de A, mais seules les images doubles seront valables, car les autres correspondent aux cas examinés précédemment.)

En résumé, dans tous les cas possibles, les observateurs ou bien concluent à la simultanéité des éclairs pour les deux systèmes, ou bien ils ne peuvent rien conclure du tout. La méthode d'Einstein ne permet pas de passer d'un système à un autre.

Pour pouvoir passer d'un système à un autre, en conservant la définition d'Einstein, il n'y a qu'une manière possible : il faut placer les miroirs dans le train non pas au point M', mais à un endroit M'' tel, que ces miroirs passent précisément devant le point M, lorsque les images apparaissent dans ces miroirs. Il est évident qu'alors, les deux observateurs M et M'' verront chacun une image (double), puisqu'ils

sont en contact l'un avec l'autre, c'est-à-dire tous deux au milieu de AB lorsque les images se forment. On voit donc, que *si l'on admet la définition einsteinienne de la simultanéité, deux événements simultanés pour un système le sont aussi pour l'autre.*

On ne peut déduire de cette définition aucun argument en faveur de l'indépendance des temps de deux systèmes en mouvement l'un par rapport à l'autre.

Avant de modifier notre conception du temps et de l'espace il semble qu'il faudrait d'abord chercher à étendre la base de la cinématique, c'est-à-dire la règle ordinaire d'addition de deux vitesses, car c'est précisément cette règle, et seulement cette règle, qui nous renseigne sur ce qui se passe lorsqu'on se transporte d'un système dans un autre. Et ce procédé est d'autant plus indiqué que la règle ordinaire d'addidion :

$$u = v + w \qquad (1)$$

est indémontrable. C'est un *postulat cinématique* analogue au postulat d'Euclide en Géométrie ; par conséquent, toute autre règle, satisfaisant au principe de relativité, sera aussi légitime que la formule (1), entr'autres les deux règles :

$$u = \frac{v + w}{1 + \frac{vw}{c^2}} \quad (2) \qquad \text{et} \qquad u = \frac{v + w}{1 - \frac{vw}{c^2}} .$$

Or, la règle (2) est précisément une formule d'Einstein. C'est elle qu'il faudrait prendre comme point de départ de la cinématique, sans pour cela changer notre notion du temps et des grandeurs spatiales.[1]

Ed. Guillaume (Berne) à propos de la communication précédente, relève un point *essentiel* mis en lumière par M. de Saussure. Il existe en effet, même du point de vue relativiste, un endroit M'' sur le train (Système S'), tel qu'en y plaçant ses miroirs, l'observateur doit voir une image double au moment du passage de M'' en M. Pour faire le calcul, il suffit de tenir compte de la « contraction » de Lorentz. On a alors :

$$A'B' = A'M'' + M''B' = 2\beta d \ , \quad \text{où} \quad \beta^2 = 1 : \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) ,$$

$$AB = 2d \ ,$$

et la condition que M'' doit remplir est ($A'M'' = x'$) :

$$\frac{x'}{\beta(c - v)} = \frac{2\beta d - x'}{\beta(c + v)} = \frac{d}{c} = t \ .$$

[1] Le fait que la règle (2) de composition des vitesses contient la constante c de la lumière, ne donne pas à cette formule un caractère empirique (ni extra-cinématique), car la vitesse de la lumière est une vitesse limite qui peut jouer en cinématique un rôle analogue à celui du rayon de courbure de l'espace en géométrie.

On voit donc que x' peut être calculé et il y aura formation d'une image double en M'' *en même temps* qu'en M. Ainsi, *connaissant* son mouvement par rapport à la voie, l'observateur-train pourra déterminer le point M'' tel qu'il puisse constater la simultanéité de la chute des éclairs A et B. Mais ce n'est pas tout. En vertu de la règle (2) d'Einstein, les sources A et B émettront par rapport au train des rayons de vitesse c; d'autre part, pour le train, les lieux des événements sont repérés en A' et B'. Il se produira donc une image double en M', milieu de A' B', et nous sommes dans le cas de parfaite symétrie indiqué par M. de Saussure. La seule particularité à signaler, c'est que l'image double en M' semblera avoir lieu, pour l'observateur de la voie, à un instant t' postérieur à l'instant t où l'image double se forme en M ou M''. On a en effet par *rapport à la voie :*

$$t_1 = \frac{\beta d}{\beta(c - v)} \; ; \qquad t_2 = \frac{\beta d}{\beta(c + v)} \; .$$

D'autre part, la transformation de Lorentz donne entre les temps mesurés dans les deux systèmes

$$ct_1' = t_1 \beta(c - v) \; ; \qquad ct_2' = t_2 \beta(c + v)$$

d'où

$$t_1' = \frac{\beta d}{c} = t_2' = t' > t \; .$$

On voit, en définitive, que si l'observateur du train veut bien ne pas se contenter de raisonnements par trop simplistes, il a à sa disposition deux moyens de constater la simultanéité des éclairs en A et B, et de corriger son erreur. Mais à cela une condition est nécessaire, comme le fait remarquer M. de Saussure : il faut *postuler* une règle de composition de vitesses, — et il ne sert de rien de le dissimuler.

MATTHIES (Bâle). — *Sur la théorie des instruments de mesure électrostatiques et en particulier de l'électromètre monocorde.*

L'auteur démontre que J. del Pulgar et Th. Wulff[1] ont commis une erreur de principe dans leur étude sur la théorie des instruments de mesures électrostatiques en partant d'une fonction incomplète pour représenter l'énergie potentielle du système conducteur. Moulin commet la même faute en établissant une formule de Maxwell généralisée pour l'électromètre à cadran.

L'auteur de la présente note a déduit du principe de Hamilton les conditions de mouvement et d'équilibre d'un système de conducteurs quelconques et les a spécialisées pour le cas d'un électromètre monocorde symétrique. Les formules contiennent naturellement la formule de Maxwell pour l'électromètre à cadran et celle de Hoffmann pour le « Duantelektrometer » comme cas spéciaux.

[1] Voir *Ann. d. Phys.* 1909, Bd. 30, pag. 697, etc.