Sur l'impossibilité de considérer comme des périodes les paramètres représentant le temps dans la théorie de la relativité : application au déplacement des raies solaire

Autor(en): **Guillaume, Edouard**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **2 (1920)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-742545

rayons pour pouvoir calculer, par de simples formules, la hauteur de la couche poussiéreuse. Des mesures de ce genre pourront donc donner des renseignements précieux sur l'étude de la constitution de l'atmosphère terrestre.

Edouard GUILLAUME (Berne). — *Sur l'impossibilité de considérer comme des périodes les paramètres représentant le temps dans la Théorie de la relativité. Application au déplacement des raies solaires.*

Lorsqu'on mesure une *même* durée à l'aide de plusieurs horloges de périodes différentes Θ, Θ', ..., les nombres obtenus τ, τ', ... sont en raison inverse des durées:

$$\Theta\tau = \Theta'\tau' = \dots$$

La Théorie de la relativité a pour base la transformation de Lorentz, qui permet de passer d'un système de référence rectangulaire $S(x, y, z, \tau)$ à un système $S'(x', y', z', \tau')$ en translation uniforme de vitesse $v = \alpha c_0$ par rapport au premier; c_0 est la vitesse de la lumière, α une constante. Une des relations de la transformation est la suivante:

$$(1) \qquad c_0\tau = \beta(c_0\tau' + \alpha x')\ , \ \beta^2 = 1 : (1 - \alpha^2)\ .$$

Imaginons qu'un train d'ondes planes traverse les deux systèmes; soit φ' l'angle du train d'ondes avec $O'x'$. La Théorie donne pour l'effet Doppler-Fizeau la relation:

$$(2) \qquad \Theta = \frac{\Theta'}{\beta(1 + \alpha \cos \varphi')}\ .$$

D'autre part, on a:

$$x' = c_0\tau' \cos \varphi'$$

d'où en substituant dans (1):

$$(3) \qquad \tau = \tau'\beta(1 + \alpha \cos \varphi')\ .$$

De (2) et (3) on tire:

$$\Theta\ .\ \tau = \Theta'.\ \tau'\ .$$

Pour une durée infiniment petite, on a:

$$(4) \qquad \Theta\ .\ d\tau = \Theta'.\ d\tau'\ .$$

Il résulte de cette relation qu'*il est impossible de considérer $d\tau$ et $d\tau'$ comme des périodes.* Or, c'est justement ce que M. Einstein fait dans le calcul du déplacement des raies solaires [1]. Comme on sait, cecalcul repose sur la relation :

$$d\tau_s = \frac{d\tau}{\sqrt{g_{44}}} = \frac{d\tau}{\sqrt{1 - \frac{a}{R}}} = d\tau\left(1 + \frac{a}{R}\right) > d\tau \tag{5}$$

$$a = \frac{2\,GM}{c_0^2}$$

(G = constante de gravitation, M = masse, R = rayon du Soleil) ; $d\tau_s$ serait la *période* d'une source lumineuse sur le Soleil et $d\tau$ la période d'une source identique sur la Terre ; comme $d\tau_s > d\tau$, la lumière émise par la première serait plus rouge que celle émise par la seconde. On voit que c'est impossible ; $d\tau_s$ et $d\tau$ sont simplement des mesures différentes de la *même* durée.

Que peut-on tirer de la Théorie quant aux fréquences lumineuses ? Lorsqu'on introduit le temps universel (voir la communication ci-dessous), l'action gravifique d'une masse M peut être caractérisée par le fait qu'en chaque point un signal lumineux bref produit une surface d'onde élémentaire *ellipsoïdale*, et non plus sphérique comme dans un espace galiléen. Le champ étant symétrique autour de M, situé à l'origine O, plaçons-nous par exemple sur l'axe des x, au point P ($x = r$, 0, 0). L'ellipsoïde de la vitesse de la lumière en ce point est :

$$\frac{c_x^2}{c_0^2\left(\dfrac{1 - \frac{a}{r}}{1 + \frac{a}{r}}\right)} + \frac{c_y^2}{c_0^2\left(1 - \frac{a}{r}\right)} + \frac{c_z^2}{c_0^2\left(1 - \frac{a}{r}\right)} = 1\,.$$

Pour un rayon se propageant le long de Ox, on a :

$$c_x = c_0\sqrt{\frac{1 - \frac{a}{x}}{1 + \frac{a}{x}}}\,.$$

La vitesse est donc une fonction du lieu, et c_x est la vitesse au point d'abscisse x, où est supposé placé l'observateur. Peut-on poser, par analogie avec l'effet Doppler-Fizeau de la Théorie restreinte [2] :

[1] EINSTEIN, A., Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie, Leipzig, 1916, p. 62 et *Ann. d. Phys.*, **49**, 1916.

[2] Voir *Archives*, (4), **46**, p. 316 ; *ibid.* (5), **2**, pp. 125 et suiv.

$$\frac{c_x}{c_0} = \frac{\nu_x}{\nu_0}\,, \quad \text{d'où} \quad \nu_x = \nu_0 \sqrt{\frac{1-\frac{a}{x}}{1+\frac{a}{x}}} < \nu_0\,,$$

où ν_x et ν_0 sont les fréquences correspondantes? Il semblerait que le principe de l'équivalence autorisât cette analogie; mais alors la fréquence deviendrait une *fonction de lieu*, comme la vitesse de la lumière; l'action du champ ne s'exercerait pas sur la source même, mais *tout le long* du rayon lumineux, en chacun de ses points, jusqu'à l'infini. Quoi qu'il en soit, les considérations précédentes mettent en évidence une seconde difficulté de la formule (5): Pourquoi, en effet, avoir posé

$$x = r = \mathrm{R}$$

dans cette formule du moment que l'observateur se trouve placé sur la Terre? Cela tient évidemment à ce que, pour M. Einstein, $d\tau$ et $d\tau'$ ne sont pas simplement des quantités proportionnelles aux « chemins lumineux », mais représentent le « temps » en soi pour *tous* les phénomènes (physiques, chimiques, physiologiques, etc.) se passant au point considéré. En outre, M. Einstein est obligé d'admettre qu'une fois émise par la source, la fréquence se conserve dans l'espace tout le long du rayon, comme si cet espace était *galiléen* [1].

Chs. WILLIGENS (Berne). — *Interprétation géométrique du temps universel dans la Théorie de la relativité restreinte.*

M. Guillaume a montré [2] comment on peut introduire un paramètre unique t pour représenter le temps dans la Théorie de la relativité

[1] Quant à la vérification expérimentale, on trouvera dans le numéro d'avril 1920 de *The Observatory* (Greenwich) deux études intéressantes, l'une de J. Evershed (Kodaikanal, Indes Anglaises), l'autre de Charles E. St. John (Mount Wilson Observatory). On verra combien grands sont les écarts entre les valeurs observées et les valeurs calculées au moyen de la formule cidessus. Ainsi, dans la région 6229, 380 A, la moyenne des premières est de 0,005 A, tandis que la valeur calculée est de 0,013 A. Cet écart est trop considérable pour être attribué à un manque de stabilité des raies ou à des erreurs d'observation (St. John). D'autre part, MM. L. Grebe et A. Bachem *(Zeitschrift für Physik*, 1re livraison, 1920) croient pouvoir expliquer les divergences par un effet photographique dû à l'empiètement des raies les unes sur les autres. Enfin, le prof. Julius vient de présenter à l'Académie d'Amsterdam une explication des déplacements, basée sur une dispersion anomale, sans influence de la gravitation (mai, 1920).

[2] Ed. GUILLAUME, La Théorie de la relativité en fonction du temps universel, *Archives*, (4), 46, p. 281 et suiv., 1918; Représentation et