

SUR LES PARADOXES DE LA NOTION D'ÉNERGIE¹

Après quelques exemples instructifs concernant les notions d'énergie et d'impulsion et leurs modifications causées par la théorie de la relativité restreinte on a donné un exposé critique des relations fondamentales de la thermodynamique relativiste.

Dans son mémoire connu² M. Planck obtient les formules de transformations

$$Q = Q_0 \alpha, \quad T = T_0 \alpha$$

pour la chaleur et la température, α étant l'abréviation pour

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Son équation de départ

$$dA = v dG - p dV$$

pour une transformation élémentaire de l'état thermodynamique du rayonnement noir représente le bilan du travail mécanique, dA étant le travail des forces extérieures, v la vitesse, dG l'accroissement d'impulsion, p la pression et dV l'accroissement de volume.

¹ Colloque du 17 décembre 1947.

² M. Planck: Zur Dynamik bewegter Systeme, Ann. d. Physik 26 (1908), p. 1—34.

On critique la signification de dG dans cette équation en avançant l'interprétation que dG n'est que l'accroissement d'impulsion causé par les forces extérieures, tandis que l'accroissement total est composé de ce dG et de l'impulsion $\frac{dQ}{c^2} v$ amenée par convection avec l'énergie de chaleur dQ . La conséquence en est que les formules de transformation pour la chaleur et la température deviennent

$$Q = \frac{Q_0}{\alpha}, \quad T = \frac{T_0}{\alpha}.$$

On arrive au même résultat par des voies différentes. Par exemple, une discussion approfondie du cycle de Carnot considéré par Laue³ fournit les mêmes formules, l'argumentation de Laue devant être modifiée.

Une autre idée esquissée dans cette conférence concerne le mouvement de l'énergie dans un corps en état de tension élastique. Considérons une barre soumise à une pression longitudinale p_0 . La transformation du tenseur d'impulsion et d'énergie fournit les formules

$$w = \frac{1}{\alpha^2} (w_0 + \beta^2 p_0),$$

$$s = \frac{v}{\alpha^2} (w + p_0),$$

pour la densité d'énergie w et la densité d'impulsion s dans le système de référence par rapport auquel la barre se meut avec la vitesse v , β étant l'abréviation pour $\frac{v}{c}$. Il en résulte la vitesse du mouvement d'énergie:

$$V = \frac{s}{w} = v \frac{w_0 + p_0}{w_0 + \beta^2 p_0} > v.$$

Donc, l'énergie se meut plus vite que le corps lui-même. Or, si l'on admet l'hypothèse qu'une grande partie de l'énergie, notamment celle qui est contenue dans les noyaux d'atomes, ne se meut pas plus vite que le corps, on est conduit à supposer que la partie $\frac{\beta^2}{\alpha^2} p_0$ de la densité d'énergie provenant de la pression p_0 est celle qui se meut plus vite. Sa vitesse devient

$$V = \frac{\frac{v p_0}{\alpha^2}}{\frac{\beta^2 p_0}{\alpha^2}} = \frac{c^2}{v}.$$

Ce serait donc la vitesse des ondes de de Broglie. On arrive au même résultat d'une autre manière. La force extérieure agissant de derrière de la barre fournit une certaine impulsion et un certain travail mécanique par seconde. Si l'on admet l'hypothèse que l'énergie mécanique fournie de cette force doit transporter par convection l'impulsion transmise à la barre par cette même force, on arrive également au résultat que cette énergie se meut avec la vitesse $\frac{c^2}{v}$. Il ne faut cependant pas perdre de vue qu'au cas d'une pression négative cette énergie aurait une densité négative.

A la fin de la conférence on a discuté les difficultés connues qui se présentent dans la théorie de la relativité générale en ce qui concerne la localisation de l'énergie du champ de gravitation.

³ M. v. Laue: Die Relativitätstheorie I (1909), p. 236—237.