



HAL
open science

Sur un nouveau principe d'équivalence suggéré par les mécaniques spinorielles

A. Proca

► **To cite this version:**

A. Proca. Sur un nouveau principe d'équivalence suggéré par les mécaniques spinorielles. Journal de Physique et le Radium, 1956, 17 (2), pp.83-84. <10.1051/jphysrad:0195600170208300>. <jpa-00235333>

HAL Id: jpa-00235333

<https://hal.science/jpa-00235333v1>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

SUR UN NOUVEAU PRINCIPE D'ÉQUIVALENCE SUGGÉRÉ PAR LES MÉCANIQUES SPINORIELLES

Par A. PROCA,
Institut Henri-Poincaré, Paris.

☛ **Sommaire.** — On constate que deux grandeurs attachées au corpuscule se transforment l'une dans l'autre au cours du mouvement, leur somme restant constante. L'une d'entre elles dépend de la charge, l'autre de la « longueur » du spin. En général, la charge varie au cours de l'évolution, mais au détriment du spin, suivant une loi déterminée. On établit ainsi une liaison spin-charge qu'on suppose subsister également dans le cas d'une variation de la charge par sauts quantiques, lorsque les états quantiques sont des états à charge constante.

1. — **Théorèmes de conservation.** — Les mécaniques spinorielles sont caractérisées par le fait que les variables qui interviennent dans la description d'un corpuscule sont des spineurs au lieu d'être des tenseurs comme en mécanique relativiste. Des considérations d'invariance et de simplicité jointes à cette hypothèse initiale, permettent de développer une mécanique dans laquelle l'arbitraire des hypothèses a été réduit au minimum et dont la forme s'impose presque lorsqu'on a adopté ce point de départ ⁽¹⁾.

On retrouve dans cette mécanique les théorèmes essentiels de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement, ainsi que de la conservation du moment de la quantité de mouvement, compte tenu du spin ⁽²⁾. En dehors de ces théorèmes, la mécanique spinorielle en introduit un autre, distinct des précédents et défini au moyen de l'intégrale première

$$\Omega_1 = \text{const.}$$

conservation qui a lieu dans de très larges conditions d'interaction avec un champ extérieur.

L'existence de ce théorème découle de l'emploi des spineurs et de la forme du lagrangien. Son interprétation est immédiate. La charge étant e , on a (voir l'article précédent) :

$$e^2 c^2 = \Omega_1^2 + \Omega_2^2$$

On voit donc que le théorème en question intéresse au fond la charge et qu'il ne constitue donc pas quelque chose d'essentiellement nouveau. La mécanique spinorielle fait simplement apparaître en même temps que les autres cette conservation de la charge, qui ne doit plus être admise comme une hypothèse à part. C'est sur les circonstances

⁽¹⁾ Voir l'article précédent, page 81 et aussi *J. Physique Rad.*, 1954, 15, p. 65.

⁽²⁾ Pour éviter toute confusion, rappelons que nous avons défini le « spin » comme le tenseur antisymétrique du second rang qu'il faut ajouter à $X_{\mu\nu} - X_{\nu\mu}$ pour obtenir une constante, en l'absence de tout champ extérieur.

de cette conservation que nous voulons attirer l'attention.

2. — **Équivalence.** — Considérons le cas général d'une charge variable. En rapprochant

$$e^2 c^2 = \Omega_1^2 + \Omega_2^2$$

de la formule qui donne la « longueur » du spin, c'est-à-dire l'invariant quadratique

$$\frac{1}{2} m_{\mu\nu} m^{\mu\nu} = \Omega_1^2 - \Omega_2^2$$

on peut écrire

$$e^2 c^2 + \frac{1}{2} m_{\mu\nu} m^{\mu\nu} = 2 \Omega_1^2 = \text{constante}$$

relation valable même dans des cas très étendus d'interaction.

Au cours du mouvement, les grandeurs mesurées par $e^2 c^2$ d'un côté et par $\frac{1}{2} m_{\mu\nu} m^{\mu\nu}$ de l'autre varient en sens contraires et leurs variations se compensent mutuellement pour donner une somme constante. Mais ces grandeurs physiques, nécessairement de même nature, peuvent s'exprimer la première en fonction de la charge, la seconde en fonction du spin. Pour faire image, nous pouvons dire que les deux variations sont liées, c'est-à-dire que toute augmentation ou diminution de la charge entraîne une variation correspondante de la « longueur » du spin. Il y a donc une sorte de transformation de passage de la charge au spin au cours du mouvement ⁽³⁾.

⁽³⁾ Cette façon de parler ne saurait induire en erreur. Nous sommes dans un cas analogue à celui d'un pendule classique dans lequel l'énergie cinétique $m v^2 / 2$ se transforme en énergie potentielle mgh et vice versa. Il n'y a aucun inconvénient à dire qu'il y a échange entre une vitesse et une différence de niveau, pourvu qu'on ne perde pas de vue qu'il faut passer par les énergies correspondantes pour calculer Δv et Δh .

3. — **Équivalent.** — En une théorie du continu, on calculerait dans ce cas un coefficient de transformation, en établissant ce qu'on pourrait appeler l'« équivalent électrique du spin ». Ici la situation est légèrement différente puisqu'en réalité la charge et le spin sont quantifiés et leurs valeurs minima connues.

Si dans la transformation spin-charge on pouvait supposer qu'à un quantum de charge e correspond nécessairement une variation d'un quantum h , le processus serait défini et l'on pourrait écrire directement la relation cherchée. Mais rien n'est moins sûr et il peut se faire qu'à une variation de e corresponde un multiple entier de h ou une fonction d'un tel multiple ; nous manquons totalement d'éléments de réponse.

Quoi qu'il en soit on peut se demander à ce sujet jusqu'à quel point la relation qui définit la *constante de structure fine* $\alpha\hbar c = e^2$ n'exprime pas en même temps, en quelque sorte, le *taux de la transformation spin-charge* ; seule une quantification correcte de la théorie serait susceptible de jeter quelque lumière là-dessus.

4. — **Mécanismes.** — Il a été amplement établi autrefois que l'électricité n'est pas réductible à la mécanique, c'est-à-dire qu'on ne peut pas donner pour les phénomènes électriques un modèle qui les reproduise et qui suive exclusivement les lois de l'ancienne mécanique classique.

A première vue le lien établi dans ce qui précède entre la charge et le spin semble en contradiction avec ce résultat. En réalité il n'en est rien, en raison de la définition même du spin, lequel n'est pas au fond une grandeur « mécanique » dans l'ancien sens du terme, c'est-à-dire telle qu'on puisse en donner un modèle de mécanique classique. Par

définition, le spin est un moment cinétique supplémentaire, dont l'existence ne s'accompagne pas de celle d'une énergie supplémentaire. On peut doter un corpuscule d'un tel moment en imaginant par exemple que sa masse tourne sur elle-même. Le modèle ainsi conçu ne convient cependant pas pour représenter le spin, parce qu'une masse en rotation introduit aussi, automatiquement, une énergie de rotation supplémentaire. Pour obtenir un modèle donnant correctement le spin, il faudrait faire intervenir des masses négatives, mais alors ce modèle ne serait plus « mécanique » au sens ci-dessus. Au surplus il est inutile d'insister, ces discussions ayant été dépassées aujourd'hui.

5. — **Conclusions.** — Ainsi, la mécanique spinorielle suggère une transformation possible spin-charge et, par voie de conséquence, la possibilité de création éventuelle de charges électriques autrement que par paires corpuscule-anticorpuscule. Cela fournit un moyen qualitatif de vérifier l'écart des principes de cette mécanique d'avec la réalité.

Les conclusions ci-dessus dépendent évidemment des hypothèses qui sont à la base de la théorie et changent avec celles-ci. La première hypothèse (emploi des spineurs) n'est pas en question. Si la deuxième

$$e \frac{dx^\rho}{ds} = \xi^+ \gamma^\rho \xi, \quad e = \text{charge}$$

ne correspondait pas à la réalité il faudrait modifier les conclusions et parler simplement d'équivalence et de conservation pour les carrés des longueurs du « spin » et du vecteur $\xi^+ \gamma^\rho \xi$, quelle que soit d'ailleurs l'interprétation physique qu'on en donnerait.

Manuscrit reçu le 18 octobre 1955.