

## La masse ne varie pas avec la vitesse

par Anne-Marie MONTAMBAUX,  
Lycée franco-allemand, Buc  
et Gilles MONTAMBAUX,  
Université Paris-Sud, Orsay.

L'énergie totale d'une particule de vitesse  $v$  mesurée dans un référentiel est :

$$E(v) = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (1)$$

Son impulsion s'écrit :

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (2)$$

où  $m_0$  est appelée masse au repos de la particule et vérifie :

$$E(0) = m_0 c^2. \quad (3)$$

Pour garder l'expression classique de l'impulsion et l'élégance de la formule (3), on a souvent pris l'habitude de remplacer les formules (1) et (2) par :

$$E(v) = mc^2 \quad (4)$$

et :

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (5)$$

où :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \text{avec} \quad \beta = \frac{v}{c}. \quad (6)$$

Ces formules, outre l'inconvénient de remplacer deux équations par trois et de définir une variable supplémentaire  $m$ , conduisent souvent à énoncer que « la masse varie avec la vitesse ».

Cette affirmation, énoncée sans précaution, est FAUSSE. La masse est une propriété intrinsèque de l'objet et elle est indépendante du repère où on la mesure.

C'est un invariant relativiste, pseudonorme du quadrivecteur impulsion énergie (au facteur  $c^2$  près) :

$$\begin{pmatrix} \vec{p} \\ E \\ \hline c \end{pmatrix}$$

soit :  $m_0 c^2 = (E^2 - p^2 c^2)^{1/2}$ .

La masse  $m_0$  caractérise la particule dans toutes les transformations élastiques qu'elle subit.

Il est un lieu commun mais faux de dire : « toute l'énergie, c'est de la masse ». L'énergie d'une particule est égale à son énergie de masse, invariante, plus son énergie de mouvement : énergie cinétique.

$$E = m_0 c^2 + E_c(v) \quad E_c(0) = 0.$$

Si on cherche alors à définir la grandeur  $m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ ,

il faudrait alors énoncer que :

Une particule de masse  $m_0$  et de vitesse  $v$  a la même énergie qu'une particule de masse  $m(v)$  qui serait au repos. Ainsi s'interprète l'expression :

$$E = m_0 c^2 + E_c(v) = m(v) c^2.$$

Avec toute l'énergie  $E$ , on pourrait théoriquement créer une particule de masse  $m(v)$ , au repos !

---