

Une Note sur la Relativité Restreinte

MAURICE SURDIN

82-37 Blanchard 92 260 Fontenay-aux-Roses

RESUME. On étudie le comportement de bâtonnets accélérés à des vitesses relativistes.

ABSTRACT. The behavior of rods accelerated to relativistic velocities is considered.

1 Introduction

Quand on désire obtenir une particule de haute énergie à l'aide d'accélérateurs, on peut distinguer deux étapes d'accélération : la première consiste à accélérer la particule, de masse au repos m_0 , à une vitesse v relativiste. Puis, au cours de la deuxième étape, la vitesse augmente peu, c'est la masse

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

qui augmente considérablement.

Si la particule est lancée contre une cible, elle perd son énergie. On peut distinguer deux phases :

Au cours de la première phase, la particule est arrêtée, c'est-à-dire qu'on a $v = 0$, elle perd ainsi la partie de l'énergie acquise pendant la période relativiste de l'accélération. Ensuite elle perd son énergie au repos, m_0c^2 , en se transformant en rayonnement par exemple. Cette énergie peut être inférieure de plusieurs puissances de 10 à la première.

2 Bâtonnets accélérés

On considère maintenant des bâtonnets de faible diamètre accélérés le long de leur axe de symétrie. Ces bâtonnets sont formés par des particules ayant une masse. Pour simplifier la discussion, les effets relativistes dus à la masse sont connus (voir §1). On ne s'intéresse ici qu'à la contraction de Lorentz des bâtonnets. Comme plus haut, en première partie, les bâtonnets de longueur l_0 , au repos, sont accélérés à une vitesse relativiste v , ensuite l'accélération augmente peu la vitesse des bâtonnets, elle agit surtout sur la longueur, laquelle pour l'observateur dans le laboratoire devient

$$l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

On admet que l'énergie de cohésion des particules formant un bâtonnet est donnée par l'énergie de Lennard-Jones (1) à savoir :

$$\mathcal{G}(r) = -\frac{A}{r^m} + \frac{B}{r^n}$$

Où le premier terme représente l'attraction et le deuxième la répulsion. A et B sont des constantes propres au matériau des bâtonnets r la distance entre deux particules voisines. En général, $m = 6$ et $n = 12$ et $\mathcal{G}(r)$ en fonction de r est donné en figure 1.

Au cours de l'accélération, la longueur du bâtonnet est raccourcie de :

$$l_0 \text{ à } l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

le point d'équilibre M se déplace vers les plus faibles valeurs de r et l'énergie de répulsion augmente. Si par exemple :

$$l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, = \frac{l_0}{2}$$

l'énergie de répulsion a augmenté d'un facteur supérieur à 10^3 . Cette énergie reste stockée dans le bâtonnet.

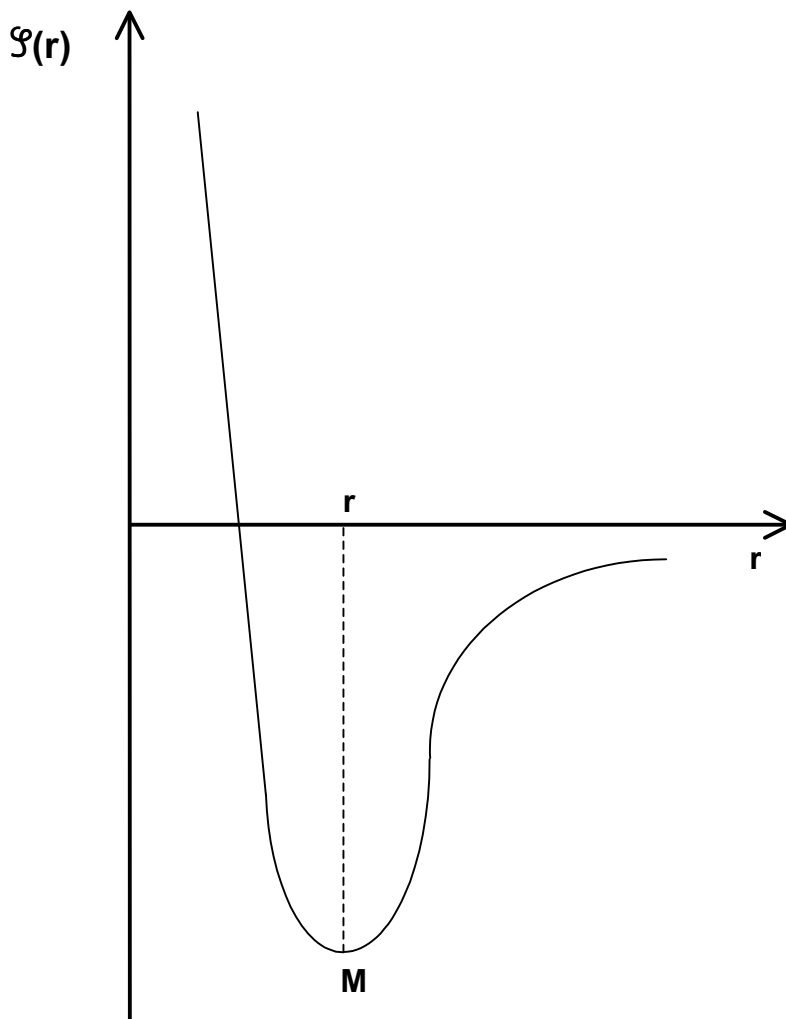


Figure 1

Quand les bâtonnets sont arrêtés par la cible, leur vitesse devient $v = 0$ et les particules qui les composent reprennent leur position d'équilibre correspondant à la longueur au repos des bâtonnets, l_0 . L'énergie stockée pendant l'accélération relativiste est rendue à la cible.

Pour le cas où la masse des bâtonnets ne peut être négligée, les deux effets des paragraphes 1 et 2 sont combinés. Il ne semble pas que des expériences aient été effectuées pour mettre en évidence les effets décrits dans 2. Dans l'Annexe, on indique une voie possible.

Annexe.

On considère l'utilisation de nanotubes (2) en tant que bâtonnets. Les nanotubes sont des « cristaux » de carbone qui ont des propriétés remarquables. Leurs propriétés mécaniques sont comparables, sinon supérieures, à celles du diamant. Leurs propriétés électriques sont très variées, ces nanotubes peuvent être électrisés et conserver leur charge. Ils seraient susceptibles d'être accélérés à de très grandes vitesses.

Références

- 1 - J.C. Lennard-Jones Proc.Royal Soc. A106 441-463 (1924)
- 2 – P. H. Collins et P. Avouris Scientific American Dec. 2000 p 38.

Manuscrit reçu le 23 avril 2001.