

La relativité restreinte à l'épreuve de l'expérience

Relativité restreinte

Comprendre

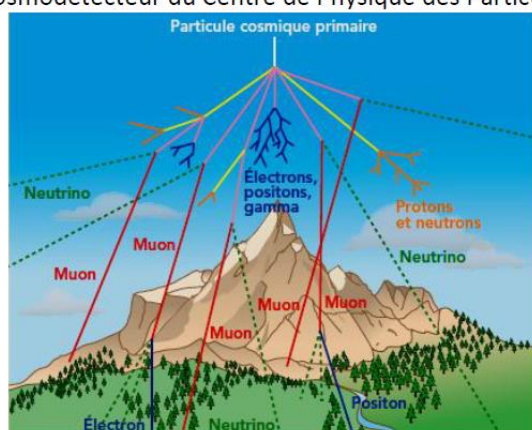
Les muons sont des particules élémentaires produites dans la haute atmosphère. Ces particules ont une durée de vie propre très courte de l'ordre de la microseconde. Cependant on détecte des muons à la surface de la Terre.

Comment expliquer la détection des muons à la surface de la Terre ?

Document 1 : La provenance des muons

La Terre est constamment bombardée de particules cosmiques. Lorsque ces astroparticules primaires traversent l'atmosphère, elles interagissent avec les noyaux des molécules présentes dans l'air. Une multitude de particules secondaires sont alors produites et notamment des muons.

Les muons sont des particules élémentaires de même charge que les électrons mais avec une masse 207 fois plus grande. On peut les observer à la surface de la Terre grâce à des détecteurs tels que la chambre à brouillard ou le cosmodétecteur du Centre de Physique des Particules de Marseille.



Doc. 3 Un exemple de détecteur de muons : le cosmodétecteur, réalisé par le Centre de physique des particules de Marseille (CPPM) dans le cadre de l'opération Cosmos à l'École, menée conjointement par Sciences à l'École et l'IN2P3.

Document 2: Détection des muons au niveau du sol

Les muons sont créés dans la haute atmosphère vers 10 km d'altitude. Les muons voyagent à une vitesse de valeur très élevée, $v = 0,998c$ avec $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ valeur approchée de la vitesse de la lumière dans le vide.

D'après les lois de la mécanique classique, à cette vitesse, il faut $33 \mu\text{s}$ pour traverser les 10 km d'atmosphère.

On considère deux événements liés au muons : sa création dans l'atmosphère (événement noté E_1) et sa détection au niveau du sol (événement noté E_2). Dans le référentiel propre lié au muons, la durée séparant ces deux événements est la durée vie moyenne d'un muon soit $\Delta T_0 = 2,2 \mu\text{s}$. Dans un référentiel terrestre, la durée mesurée entre ces deux événements est notée $\Delta T'$.

- Retrouver, par le calcul, la valeur $\Delta t = 33 \mu\text{s}$ indiquée dans le texte pour que les muons traversent les 10 km d'atmosphère.
- En raisonnant avec les lois de la mécanique classique, devrait-on détecter des muons à la surface de la Terre sachant que leur durée de vie moyenne est de $2,2 \mu\text{s}$?

- La durée mesurée $\Delta T'$ et la durée propre ΔT_0 sont liées par $\Delta T' = \gamma \cdot \Delta T_0$ avec $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Calculer γ dans le cas du muon. Commenter le résultat obtenu.

- En déduire la durée $\Delta T'$ séparant les deux événements pour un observateur terrestre.
- Comparer Δt et $\Delta T'$. Que peut-on en conclure ?
- En quoi l'observation de muons au niveau du sol est-elle une preuve expérimentale de la pertinence de la relativité restreinte ?