

LE TEMPS REPENSE : CORRECTION

EXERCICE 1 : CINÉTIQUE RELATIVISTE

1. Le temps propre est la durée mesurée dans le référentiel propre, c'est-à-dire dans le référentiel de l'engin spatial où les événements émission 1 et émission 2 du signal lumineux ont lieu au même endroit.
2. Les deux référentiels étudiés sont le référentiel propre qu'est l'engin spatial et le référentiel lié à la Terre (et aux balises).
3. Δt_0 durée propre et Δt_m durée mesurée.
4. Δt_0 mesurée dans l'engin spatial et Δt_m mesurée dans le référentiel lié à la Terre.
5. Pour mesurer Δt_0 une seule horloge suffit, les événements début de la réaction et $x(t = t_{1/2})$ ont lieu au même endroit.

$$6. \frac{1}{\gamma^2} = 1 - \frac{v^2}{c^2}$$

$$\frac{1}{\gamma^2} = 1 - \frac{(0,80c)^2}{c^2} = 1 - 0,80^2$$

$$\gamma^2 = \frac{1}{1 - 0,80^2}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{1 - 0,80^2}} = 1,7$$

$$\Delta t_m = \gamma \cdot \Delta t_0$$

$$\Delta t_m = \left(\sqrt{\frac{1}{1 - 0,80^2}} \right) \times 1000 = 1,7 \times 10^3 \text{ s}$$

$$7. \Delta t_m > \Delta t_0.$$

La vitesse du vaisseau spatial est très élevée et proche de celle de la lumière, elle entraîne une dilatation des durées pour un observateur situé dans le référentiel lié à la Terre.

8. La dilatation des durées est constatée expérimentalement avec des particules cosmiques que sont les muons. Leur durée de vie est plus grande mesurée sur Terre quand dans leur référentiel propre. Un autre cas observé de dilatation temporelle est le décalage entre horloges atomiques au sol et en vol.

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

EXERCICE 2 : LES MUONS

► Questions:

- 1) La durée de vie selon le texte est de deux microsecondes. Comme cette durée est mesurée dans le référentiel du muon lui-même, on peut considérer que cette durée est une **durée propre**:
 $\Delta t_0 = 2 \mu\text{s} = 2 \times 10^{-6} \text{ s}$
- 2) Ils devraient parcourir:
 $d_0 = v \times \Delta t_0 = 0,995 \times c \times \Delta t_0$
 $d_0 = 0,995 \times 3 \times 10^8 \times 2 \times 10^{-6} = 597 \text{ m}$
- 3) La durée de vie des muons mesurée dans le référentiel terrestre correspond à une **durée mesurée**. Utilisons la formule de dilatation du temps: $\Delta t_m = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$$\Delta t_m = \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{1 - \frac{(0,995 \times c)^2}{c^2}}} = \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{1 - 0,995^2}} = 2 \times 10^{-5} \text{ s}$$

 $\Delta t_m = 20 \mu\text{s}$
- 4) Dans le référentiel terrestre, ils parcourent:
 $d = v \times \Delta t_m = 0,995 \times c \times \Delta t_m$
 $d = 0,995 \times 3 \times 10^8 \times 2 \times 10^{-5} = 5970 \text{ m}$
- 5) Les muons sont tellement rapides que l'on constate une **dilatation du temps** d'un facteur 10! Pour les observateurs terrestres, cela laisse le temps aux muons de parcourir une distance 10 fois plus grande que celle parcourue dans leur propre référentiel et donc de toucher le sol (en montagne notamment).

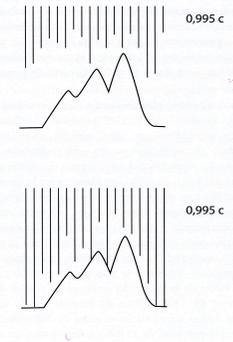


Figure V-3. Dilatation de la durée de vie des muons

Les traits verticaux représentent les trajectoires parcourues par les muons avant de se désintégrer. D'après les prévisions de la mécanique classique (figure du haut) les muons se désintègrent pratiquement tous dans la haute atmosphère. En leur prévoyant une durée de vie beaucoup plus longue, la théorie relativiste explique leur détection jusqu'au niveau de la mer.