

## Exercices sur la relativité du temps

### **Exercice 1**

Un pion ou méson pi ( $\pi^+$ ,  $\pi^-$  ou  $\pi^0$ ) est une particule jouant un rôle important dans l'explication des propriétés à basse énergie de la force nucléaire forte. En particulier, la cohésion du noyau atomique est assuré par l'échange de pions entre les nucléons (protons et neutrons).

Le méson  $\pi^+$  se désintègre selon l'équation :  $\pi^+ \Rightarrow \mu^+ + \nu_0$

Dans un référentiel galiléen ( $R'$ ) où il est immobile, la durée de vie moyenne d'un méson  $\pi^+$  est  $\Delta t' = 2,5 \cdot 10^{-8}$ s. Le méson et son référentiel propre sont animés d'une vitesse  $v_c = 0,8c$  par rapport au référentiel du laboratoire ( $R$ ) supposé galiléen.

1. Calculer la durée de vie moyenne  $\Delta t$  du méson  $\pi^+$  dans le référentiel ( $R$ ).
2. Quelle est la distance parcourue dans ( $R$ ) par un méson  $\pi^+$  dont la durée de vie est égale à la durée moyenne  $\Delta t$  ?
3. Quelle serait la distance parcourue dans ( $R$ ) par un méson  $\pi^+$  en l'absence d'effet relativiste ?

### **Exercice 2**

Le jour où deux frères jumeaux A et B ont 26ans, l'un d'eux B quitte la Terre à bord d'une fusée pour un voyage interplanétaire rectiligne uniforme à grande vitesse ( $v_c = 0,6c$ ), et revient sur Terre où l'attend son frère A. On négligera les durées des phases accélérées ou décélérées (départ, demi-tour, et retour sur Terre). Le jour où B revient sur Terre, son frère A a 36ans. Les référentiel ( $R$ ) et ( $R'$ ) respectivement liés à A et B sont supposés galiléens.

1. En déduire l'âge de B à son retour sur Terre.
2. Ce paradoxe est appelé paradoxe des jumeaux de Langevin. Qu'illustre-t-il ?

### **Exercice 3**

Lorsqu'un rayon cosmique heurte un atome d'oxygène ou d'azote de l'atmosphère terrestre, à une altitude de l'ordre de 20 à 50 kilomètres au-dessus du sol, une gerbe de particules élémentaires se déclenche contenant en particulier des muons. Une partie d'entre eux se dirige vers le sol avec une vitesse pratiquement égale à celle de la lumière ( $v_c = 0,997c$ ) dans le référentiel terrestre. Les muons ont une durée de vie moyenne de  $2,2 \cdot 10^{-6}$ s dans leur référentiel propre, lié à chacune d'entre eux, et dans lequel ils sont immobiles.

1. Calculer la distance que peuvent parcourir les muons en l'absence de prise en compte de tout effet relativiste.
2. Des muons sont pourtant détectés dans l'atmosphère par des dispositifs embarqués dans des avions évoluant à une altitude de 12km. Comment explique-t-on ce phénomène ? Justifier quantitativement votre réponse.

### **Exercice 4**

On imagine qu'un OVNI est repéré dans le sud-ouest de la France. Il se déplace à une vitesse constante par rapport au sol dont la valeur est égale aux deux tiers de celle de la vitesse de la lumière dans le vide :  $0,667c$

On cherche à déterminer la durée qui s'écoule lors d'un survol rectiligne entre Borde et Arcachon de l'OVNI, villes distantes de 49,0km, lorsque cette durée est :

- (A) mesurée par Nicolas en vacances à Arcachon,
- (B) mesurée par un extraterrestre à bord de l'OVNI.

### **Données :**

- Vitesse de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s

- Les durées propre  $\Delta T_0$  et mesurée  $\Delta T'$  sont reliées par :  $\Delta T' = \gamma \Delta T_0$  avec 
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

où  $v$  est la valeur de la vitesse relative des horloges qui mesurent  $\Delta T'$  et  $\Delta T_0$ .

Le référentiel terrestre et celui lié à l'OVNI sont supposés galiléens. Nicolas et l'extraterrestre sont immobiles respectivement dans ces référentiels.

1. Quels sont les deux évènements dont on cherche à mesurer la durée qui les sépare?
2. Qui de Nicolas ou de l'extraterrestre mesure la durée propre du survol de l'OVNI? Expliquer. Qui de Nicolas ou de l'extraterrestre la durée la plus longue?
3. Calculer la durée du survol mesurée par Nicolas.
4. Calculer la durée du survol mesurée par l'extraterrestre.

### **Exercice 5**

- 1) Énoncer le postulat d'Einstein.
- 2) Quelle est la valeur de la vitesse de la lumière provenant du soleil :
  - a- Pour un observateur terrestre ?
  - b- Pour une sonde spatiale en mouvement par rapport à la terre?
- 3) Notion d'évènement

Un train traverse un tunnel. Définir les deux évènements qui permettent de mesurer la durée nécessaire à la traversée du tunnel.