

EXERCICES CORRIGES Ch.8. p : 220 n°15. TEMPS ET RELATIVITE RESTREINTE

p : 220 n°15 : Une période variable. Raisonner ; calculer.

On imagine qu'une fusée se déplace selon une trajectoire rectiligne avec une vitesse de valeur constante $v = 250\,000 \text{ km.s}^{-1}$ par rapport à la Terre.

À son bord, un astronaute envoie à un ami resté sur Terre un signal lumineux périodique. Il règle sa fréquence d'émission f à $5,0 \text{ Hz}$. Le référentiel terrestre et celui lié à la fusée sont supposés galiléens pendant la durée des mesures.

Données : Les durées propre ΔT_0 et mesurée $\Delta T'$ sont reliées par $\Delta T' = \gamma \cdot \Delta T_0$, où : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ avec v la valeur de la vitesse relative des

horloges qui mesurent $\Delta T'$ et ΔT_0 et $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

1. Quels sont les deux événements à considérer pour étudier la période du signal lumineux envoyé par l'astronaute à son ami ?
2. Quelle est la période propre de ce signal lumineux ?
3. Quelle est la période mesurée de ce signal par l'ami resté sur Terre ?

1. Les deux événements à considérer pour étudier la période d'un signal lumineux sont les émissions consécutives de deux signaux lumineux.

2. Les 2 événements ont lieu au même endroit dans le référentiel de la fusée.

C'est donc l'astronaute qui mesure une durée propre ΔT_0 .

La période propre de ce signal lumineux est celle mesurée à bord de la fusée : $\Delta T_0 = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,0} = \underline{0,20 \text{ s}}$.

3. **La période mesurée $\Delta T'$ par l'ami resté sur Terre est :**

$$\Delta T' = \gamma \Delta T_0 \text{ avec } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ soit } \Delta T' = \frac{0,20}{\sqrt{1 - \frac{(250\,000 \times 10^3)^2}{(3,00 \times 10^8)^2}}} = 0,36 \text{ s.}$$

$\Delta T' > \Delta T_0$: phénomène de « dilatation des durées ».

p : 221 n°17 : Relativité es-tu là ? Construire et exploiter une représentation graphique.

Correction :

Le coefficient γ apparaissant dans la formule de dilatation des durées peut servir à déterminer dans quels cas il est pertinent d'utiliser la mécanique classique ou la théorie de la relativité restreinte.

Dans le tableau ci-dessous, v représente la valeur de la vitesse relative de deux observateurs fixes dans deux référentiels galiléens munis de chronomètres et c la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ($c = 2,997\,92458 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$).

On donne $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ avec v la valeur de la vitesse relative des horloges qui mesurent $\Delta T'$ et ΔT_0 .

$\frac{v}{c}$	0	0,200	0,400	0,600	0,800	0,900	0,99
γ	1	1,02	1,09		1,67		10,0

1. Recopier et compléter le tableau ci-dessus.

2. Représenter graphiquement γ en fonction du rapport v/c .

3. En 1997, le Thrust SSC a battu le record de vitesse sur terre en roulant à $1\,228 \text{ km.h}^{-1}$. Le mouvement de ce

véhicule dans un référentiel terrestre peut-il être étudié en mécanique classique?



4.a. Quelle valeur de γ correspond à une augmentation de 10 % des durées?

b. Pour quelle valeur de la vitesse relative v , en km.s^{-1} , observe-t-on une telle dilatation des durées?

5. Pourquoi les effets de la relativité restreinte n'ont-ils été observés par l'homme que tardivement dans l'histoire des sciences?

Réponse :

1. **Tableau complété :**

$\frac{v}{c}$	0	0,200	0,400	0,600	0,800	0,900	0,99
γ	1	1,02	1,09	1,25	1,67	2,29	10,0

2. **Représentation graphique : γ en fonction du rapport v/c .**

3. $v = 1\,228 \text{ km.h}^{-1} = \frac{1228 \times 10^3}{3600} = 341 \text{ m.s}^{-1}$. $\frac{v}{c} = \frac{341}{3,00 \cdot 10^8} = 1,14 \cdot 10^{-6}$.

Le point représentatif est quasiment confondu avec l'origine : $\gamma = 1$. Puisque $\gamma = 1$, il n'y a pas d'effet relativiste et la mécanique classique convient.

$\Delta T' = \gamma \cdot \Delta T_0 = \Delta T_0$.

4.a. **Valeur de γ correspond à une augmentation de 10 % des durées :**

Si les durées augmentent de 10 %, on a $\Delta T' = \Delta T_0 + \frac{10}{100} \Delta T_0 = 1,10 \cdot \Delta T_0$.

Donc $\gamma = \frac{\Delta T'}{\Delta T_0} = 1,1$.

b. **Pour quelle valeur de la vitesse relative v , en km.s^{-1} , observe-t-on une telle dilatation des durées?**

Pour $\gamma = 1,1$, on lit dans le tableau $\frac{v}{c} = 0,40$. Donc $v = 0,40 \cdot c$ avec $c = 300\,000 \text{ km.s}^{-1}$.

Donc $v = 0,40 \times 300\,000 = 120\,000 \text{ km.s}^{-1} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ km.s}^{-1}$.

5. **Les effets de la relativité restreinte ont été observés par l'homme que tardivement dans l'histoire des sciences car :**

Ils ne se manifestent de manière sensible que pour des vitesses très élevées. En deçà, la précision des horloges ne permettait pas de détecter la dilatation des durées.

