EXERCICE CORRECTION. Ch.8. p : 220 n°14 – p : 225 n°25. TEMPS ET RELATIVITE RESTREINTE

p : 220 n°14 : La relativité du temps. **Extraire des informations; exploiter une relation.**

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

a. mesurée par Nicolas en vacances à Arcachon;
b. mesurée par un extraterrestre à bord de l'OVNI.

Données : Les durées propre ΔT_o et mesurée $\Delta T'$ sont reliées par $\Delta T' = \gamma.\Delta T_o$, 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_o.

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

1. Quels sont les deux événements 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?
3. Calculer la durée du survol mesurée par Nicolas.
4. Calculer la durée du survol mesurée par l'extraterrestre.

Correction :

1. Les deux événements dont on cherche à mesurer la durée qui les sépare sont :
   - le passage de l'OVNI au-dessus de Bordeaux
   - le passage de l'OVNI au-dessus d'Arcachon.
2. Le référentiel dans lequel les 2 évènements ont lieu **au même endroit est le référentiel lié à l'OVNI** (référentiel de la soucoupe).
   C'est donc l'extraterrestre qui mesure une durée propre.
3. Les horloges synchronisées et fixes dans un référentiel terrestre qu'utilise Nicolas pour mesurer la durée séparant les passages de l'OVNI au-dessus de Bordeaux et d'Arcachon indiquent une durée mesurée. En effet, ces horloges sont en mouvement par rapport à celle qui mesure la durée propre.

Dans le référentiel terrestre, l'OVNI parcourt la distance d = 49 km à la vitesse de l'OVNI v = 2/3.c. Donc :

Durée ΔT' mesurée par Nicolas : $\Delta T' = \frac{d}{v} = \frac{d}{\frac{2.c}{3}} = \frac{3\,d}{2\,c} = \frac{3 \times 49 \times 10^3}{2 \times 3{,}00 \times 10^8} = \underline{2{,}5.10^{-4}\text{ s.}}$

Nicolas mesure une durée de survol égale à $\Delta T' = 2{,}5 \times 10^{-4}$ s. ($>T_0$).

4. **Durée propre ΔT_0** mesurée par l'extraterrestre : On a : $\Delta T' = \gamma.\Delta T_0$ donc

$\Delta T_0 = \frac{\Delta T'}{\gamma}$ avec $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-(\frac{2}{3})^2}} = 1{,}34$ soit $\Delta T_0 = \frac{2{,}5 \times 10^{-4}}{1{,}34} = \mathbf{1{,}9 \times 10^{-4}\text{ s}}$

La durée propre du survol de l'OVNI mesurée par l'extraterrestre est $\underline{\Delta T_0 = 1{,}9 \times 10^{-4}\text{ s.}}$

p : 225 n°25. La quantité de mouvement relativiste. **Compétences : raisonner – argumenter.**

La quantité de mouvement d'une particule de masse m se déplaçant à une vitesse $\vec{v}$ dans un référentiel galiléen est définie par : $\overrightarrow{p_{clas.}} = m.\vec{v}$ En mécanique newtonienne. En mécanique relativiste, elle devient : $\overrightarrow{p_{relt.}} = \gamma.m.\vec{v}$ avec $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$.

1. Montrer que l'on retrouve l'expression classique de la quantité de mouvement pour des vitesses de faibles valeurs.
2. Une particule n'est pas relativiste si : $\frac{p_{relat.}-p_{clas.}}{p_{clas.}} \leq 1\ \%$. Quelle est la valeur v_{max} de la vitesse d'une particule non relativiste ? On exprimera v_{max} en fonction de c.

Solution :

1. Lorsque les vitesses sont de faibles valeurs : $\gamma \rightarrow 1$.
   Dans ce cas : $\overrightarrow{p_{relt.}} = \gamma.m.\vec{v} \rightarrow m.\vec{v} = \overrightarrow{p_{clas.}}$. Pour des faibles vitesses, on retrouve l'expression classique de la quantité de mouvement

2. $\frac{p_{relat.}-p_{clas.}}{p_{clas.}} \leq 1\ \%$. soit $p_{rel.} - p_{clas.} \leq 0{,}01\ p_{clas}$ Donc $p_{rel.} \leq p_{clas}\ (1+0{,}01)$ soit $p_{rel.} \leq 1{,}01 . p_{clas}$

Donc $\gamma.m.v \leq 1{,}01 . p_{clas}$ soit $\gamma.m.v \leq 1{,}01.m.v$ Donc : $\gamma \leq 1{,}01$.

C'est-à-dire : $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \leq 1{,}01$. On élève au carré : $\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \leq 1{,}02$. On inverse : $1 - \frac{v^2}{c^2} \geq \frac{1}{1{,}02}$ soit $-\frac{v^2}{c^2} \geq \frac{1}{1{,}02} - 1$

Soit $\frac{v^2}{c^2} \leq 1 - \frac{1}{1{,}02}$ Donc $\frac{v}{c} \leq \sqrt{1-\frac{1}{1{,}02}}$ soit $\frac{\mathbf{v}}{\mathbf{c}} \leq \mathbf{0{,}14}$ soit $\mathbf{v \leq 0{,}14.c}$

Donc $v_{max} = 0{,}14.c$. Si $v \geq 0{,}14.c$, la particule est considérée comme relativiste.