

GPS et relativité

La vitesse de la lumière dans le vide est la même dans tout référentiel : il n'y a donc pas de référentiel absolu, ni de temps absolu : le temps dépend du référentiel considéré.

Considérons, par exemple, un satellite tournant autour de la Terre à la vitesse v dans le référentiel terrestre. Si une horloge située à bord mesure une durée T_0 dans le référentiel du satellite, la durée T correspondante dans le référentiel terrestre est

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

La différence est négligeable pour la plupart des phénomènes de la vie courante, sauf si la précision recherchée est très grande.

Le système GPS nécessite une précision extrême ; il fonctionne grâce à plusieurs satellites dont la vitesse dans le référentiel terrestre est de 3 870 m/s.

On rappelle que $c = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Questions

1. Qu'est-ce que la dilatation du temps ?

L'horloge embarquée du satellite mesure une durée T_0 égale à une seconde exactement ; la durée correspondante mesurée sur Terre est notée T .

2. Calculer l'écart $T - T_0$ sans tenir compte des chiffres significatifs.
3. Quel serait l'écart de durée au bout d'un jour ?
4. Quel est l'écart de distance parcourue par la lumière au bout d'une seconde ? d'une journée ? Expliquer alors pourquoi les systèmes GPS sont équipés d'un système de correction d'horloges.

Les horloges des satellites GPS sont des horloges au césium. Une seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes d'une radiation donnée du césium.

5. Montrer que la différence entre la seconde à bord du satellite et la durée correspondante sur Terre est significative avec une telle précision, ce qui justifie l'emploi de telles horloges.
6. En vous appuyant sur un exemple numérique, montrer que la dilatation du temps est négligeable dans la vie courante.