

Généré par application kalanso sur PLAYSTORE

Sujet : Physique — 22/09/2026 10:20 creat by Kalanso App

La relativité restreinte : principes et conséquences

La relativité restreinte, publiée par Albert Einstein en 1905, est une théorie fondamentale de la physique qui a révolutionné notre compréhension de l'espace et du temps. Elle s'applique aux objets se déplaçant à des vitesses proches de celle de la lumière, dans des référentiels d'inertie. Dans ce cours, nous explorerons les deux postulats de base, les transformations de Lorentz, la dilatation du temps, la contraction des longueurs, ainsi que l'équivalence masse-énergie.

1. Les postulats de la relativité restreinte

La théorie repose sur deux postulats simples mais aux conséquences profondes :

- **Principe de relativité** : Les lois de la physique sont identiques dans tous les référentiels d'inertie. Aucun référentiel n'est privilégié.
- **Constance de la vitesse de la lumière** : La vitesse de la lumière dans le vide, notée c , est la même dans tous les référentiels d'inertie, indépendamment du mouvement de la source ou de l'observateur. Sa valeur est approximativement $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Ces postulats remettent en cause la notion classique de temps absolu et d'espace absolu de Newton. Ils impliquent que les mesures de temps et de longueur dépendent du référentiel dans lequel elles sont effectuées.

2. Les transformations de Lorentz

Pour décrire comment les coordonnées d'un événement changent d'un référentiel inertiel à un autre, on utilise les transformations de Lorentz. Considérons deux référentiels S et S' , où S' se déplace à la vitesse v le long de l'axe x par rapport à S . Les transformations s'écrivent :

$$\begin{aligned}x' &= \gamma (x - v t) \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= \gamma (t - v x / c^2)\end{aligned}$$

où γ est le facteur de Lorentz, défini par :

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

Lorsque v est très inférieure à c , γ tend vers 1 et on retrouve les transformations de Galilée. Mais lorsque v s'approche de c , γ devient grand et les effets relativistes deviennent importants.

3. Dilatation du temps et contraction des longueurs

Une conséquence directe des transformations de Lorentz est la dilatation du temps : une horloge en mouvement par rapport à un observateur semble battre plus lentement. Si Δt est l'intervalle de temps mesuré dans le référentiel où l'horloge est au repos (temps propre), alors l'intervalle mesuré dans le référentiel où elle se déplace à la vitesse v est :

$$\Delta t' = \gamma \Delta t$$

De même, la longueur d'un objet en mouvement est contractée dans la direction du mouvement. Si L_0 est la longueur propre (mesurée au repos), la longueur mesurée dans un référentiel où l'objet se déplace à la vitesse v est :

$$L = L_0 / \gamma$$

Ces effets sont réciproques : chaque observateur voit l'horloge de l'autre ralentir et les longueurs de l'autre contractées. Cela ne crée pas de paradoxe car les mesures impliquent des procédures de synchronisation différentes.

4. Équivalence masse-énergie

La relativité restreinte modifie également les notions de masse et d'énergie. Einstein a montré que la masse est une forme d'énergie, et que toute masse possède une énergie de repos donnée par la célèbre équation :

$$E = m c^2$$

Pour un objet en mouvement, l'énergie totale est :

$$E = \gamma m c^2$$

et l'énergie cinétique relativiste est :

$$K = (\gamma - 1) m c^2$$

Cette équivalence a des implications majeures en physique nucléaire et des particules, où des réactions convertissent de la masse en énergie (fission, fusion, annihilation).

5. Exemples et applications

Prenons un exemple concret : un muon créé dans la haute atmosphère par le rayonnement cosmique a une durée de vie propre d'environ $2,2 \mu\text{s}$. Sans relativité, même à la vitesse de la lumière, il ne parcourrait que 660 m, insuffisant pour atteindre le sol. Mais à cause de la dilatation du temps, sa durée de vie observée depuis la Terre est multipliée par γ , lui permettant de parcourir plusieurs kilomètres et d'être détecté au sol.

Autre application : les accélérateurs de particules comme le LHC utilisent la relativité pour calculer les énergies et les trajectoires des particules. La correction relativiste est indispensable pour concevoir les aimants et interpréter les collisions.

Conclusion

La relativité restreinte est une théorie élégante et contre-intuitive qui a profondément modifié notre vision de l'espace et du temps. Ses prédictions ont été vérifiées expérimentalement de nombreuses fois, et elle est aujourd'hui un pilier de la physique moderne. Comprendre ses postulats et ses conséquences est essentiel pour aborder des domaines comme la physique des particules, l'astrophysique et même le GPS, qui doit corriger les effets relativistes pour fonctionner précisément.