

Généré par application kalanso sur PLAYSTORE

Sujet : Physique — 22/09/2026 13:00 creat by Kalanso App

La Relativité Restreinte : Principes et Conséquences

La relativité restreinte est une théorie physique révolutionnaire publiée par Albert Einstein en 1905. Elle a bouleversé notre compréhension de l'espace, du temps et de l'énergie, en particulier pour les objets se déplaçant à des vitesses proches de celle de la lumière. Ce cours présente les postulats de la théorie, ses conséquences contre-intuitives et quelques applications.

1. Les postulats de la relativité restreinte

Einstein a fondé sa théorie sur deux postulats simples mais profonds :

- **Principe de relativité** : Les lois de la physique sont identiques dans tous les référentiels d'inertie (référentiels galiléens). 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 $c \approx 299\,792\,458$ m/s.

Ces postulats peuvent sembler anodins, mais ils impliquent que les notions d'espace et de temps absolus, héritées de Newton, doivent être abandonnées.

2. Relativité de la simultanéité et dilatation du temps

Une conséquence immédiate est que la simultanéité de deux événements est relative : deux événements simultanés dans un référentiel ne le sont pas nécessairement dans un autre en mouvement relatif.

De plus, le temps s'écoule différemment selon les référentiels. C'est la **dilatation du temps** : une horloge en mouvement par rapport à un observateur paraît avancer plus lentement. La formule est :

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

où Δt_0 est le temps propre (mesuré dans le référentiel de l'horloge), Δt est le temps mesuré dans le référentiel de l'observateur, et γ est le facteur de Lorentz :

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

Pour des vitesses faibles devant c , $\gamma \approx 1$ et les effets sont négligeables. Mais lorsque v s'approche de c , γ devient très grand.

Exemple : le muon

Les muons créés dans la haute atmosphère ont une durée de vie propre d'environ $2,2 \mu\text{s}$. Sans relativité, ils ne pourraient pas atteindre le sol avant de se désintégrer. Pourtant, on les détecte au niveau de la mer. Cela s'explique par la dilatation du temps : dans le référentiel terrestre, leur durée de vie est allongée par le facteur γ .

3. Contraction des longueurs

La dilatation du temps s'accompagne d'une **contraction des longueurs** : un objet en mouvement est plus court dans la direction du mouvement. Si L_0 est la longueur propre (au repos), la longueur mesurée L est :

$$L = L_0 / \gamma$$

Cette contraction n'est pas une illusion : elle est due à la relativité de la simultanéité dans la mesure des extrémités de l'objet.

4. Transformation de Lorentz et composition des vitesses

Pour passer d'un référentiel à un autre, on utilise les **transformations de Lorentz**, qui remplacent les transformations galiléennes. Si un référentiel S' se déplace à la vitesse v le long de l'axe x par rapport à S , les coordonnées (x, t) et (x', t') sont reliées par :

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

Ces transformations montrent que l'espace et le temps sont intimement liés, formant un espace-temps à quatre dimensions.

La composition des vitesses est également modifiée. Si un objet se déplace à la vitesse u' dans S' , sa vitesse u dans S est :

$$u = (u' + v) / (1 + u' v / c^2)$$

Ainsi, la vitesse de la lumière reste c même si on ajoute une vitesse v .

5. Équivalence masse-énergie

L'une des conséquences les plus célèbres est la relation d'équivalence entre masse et énergie :

$$E = m c^2$$

où E est l'énergie au repos d'une particule de masse m . Cette équation signifie qu'une masse peut être convertie en énergie et inversement. Elle explique la production d'énergie dans les étoiles (fusion nucléaire) et dans les réacteurs nucléaires.

Pour une particule en mouvement, l'énergie totale est $E = \gamma m c^2$, et l'énergie cinétique est $K = (\gamma - 1) m c^2$.

Conclusion

La relativité restreinte a profondément modifié notre vision de l'univers. Ses prédictions, souvent contre-intuitives, ont été vérifiées expérimentalement de nombreuses fois, que ce soit par des expériences avec des particules accélérées, des horloges atomiques en mouvement, ou des observations astronomiques. Elle est aujourd'hui un pilier de la physique moderne et trouve des applications dans des domaines aussi variés que le GPS, les accélérateurs de particules et l'astrophysique. Comprendre ses principes est essentiel pour quiconque souhaite approfondir la physique fondamentale.