

Généré par application kalanso sur PLAYSTORE

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

La Relativité Restreinte

La relativité restreinte est une théorie physique révolutionnaire publiée par Albert Einstein en 1905. Elle a bouleversé notre compréhension de l'espace et du temps, en particulier pour les objets se déplaçant à des vitesses proches de celle de la lumière. Ce cours présente les postulats fondamentaux, les conséquences contre-intuitives telles que la dilatation du temps et la contraction des longueurs, ainsi que l'équivalence entre masse et énergie.

1. 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 les mêmes dans tous les référentiels galiléens (c'est-à-dire les référentiels en mouvement rectiligne uniforme les uns par rapport aux autres).
- **Constance de la vitesse de la lumière** : La vitesse de la lumière dans le vide, notée c , est invariante quel que soit le mouvement de la source ou de l'observateur. Sa valeur est approximativement $3,00 \times 10^8$ m/s .

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

2. Dilatation du temps

L'une des conséquences les plus célèbres est la dilatation du temps. Considérons une horloge au repos dans un référentiel en mouvement par rapport à un observateur. Pour cet observateur, l'horloge en mouvement semble battre plus lentement. La relation est donnée par :

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

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

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

Lorsque la vitesse v est petite devant c , $\gamma \approx 1$ et les effets relativistes sont négligeables. Mais à mesure que v s'approche de c , γ tend vers l'infini et le temps semble s'écouler infiniment lentement.

Exemple : Les muons créés dans la haute atmosphère par les rayons cosmiques ont une durée de vie très courte ($2,2 \mu\text{s}$). Sans la dilatation du temps, ils ne pourraient pas atteindre le sol. Pourtant, on les détecte en grand nombre au niveau de la mer, car leur temps propre est dilaté dans notre référentiel.

3. Contraction des longueurs

La contraction des longueurs est un autre effet relativiste. Un objet en mouvement dans la direction de son déplacement paraît plus court pour un observateur au repos. La longueur mesurée L est liée à la longueur propre L_0 par :

$$L = L_0 / \gamma$$

Ainsi, plus un objet se déplace vite, plus il semble contracté dans la direction du mouvement. Cette contraction n'est pas une illusion : elle résulte de la relativité de la simultanéité.

Exemple : Un vaisseau spatial de 100 m de long se déplaçant à $0,8c$ (80% de la vitesse de la lumière) paraîtrait avoir une longueur de 60 m pour un observateur terrestre. En effet, $\gamma = 1/\sqrt{1-0,64} \approx 1,667$, donc $L = 100/1,667 \approx 60 \text{ m}$.

4. Équivalence masse-énergie

La relation la plus célèbre de la physique moderne est sans doute :

$$E = m c^2$$

Elle signifie que la masse et l'énergie sont deux formes d'une même entité. Une particule au repos possède une énergie de masse $m c^2$. Cette énergie peut être convertie en d'autres formes, par exemple en énergie cinétique ou en rayonnement.

Exemple : Dans les réactions nucléaires, une petite quantité de masse est convertie en une grande quantité d'énergie. C'est le principe de la bombe atomique et des réacteurs nucléaires. La fusion de l'hydrogène en hélium au cœur du Soleil libère de l'énergie grâce à cette équivalence.

5. Transformations de Lorentz

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

$$x' = \gamma (x - v t)$$
$$t' = \gamma (t - v x / c^2)$$

Ces équations montrent que l'espace et le temps sont intimement liés et forment un espace-temps à quatre dimensions (trois d'espace et une de temps). Elles assurent l'invariance de la vitesse de la lumière.

Exemple : Si un vaisseau spatial émet un signal lumineux, la vitesse de ce signal est c dans tous les référentiels. Les transformations de Lorentz garantissent que la vitesse de la lumière reste constante, quelle que soit la vitesse relative des observateurs.

Conclusion

La relativité restreinte est une théorie fondamentale qui a transformé notre vision de l'univers. Ses prédictions, souvent contre-intuitives, ont été vérifiées expérimentalement de nombreuses fois, notamment par des expériences sur les particules à haute énergie et par des observations astronomiques. Elle est indispensable pour comprendre les phénomènes se produisant à grande vitesse et a ouvert la voie à la relativité générale, qui intègre la gravitation. Aujourd'hui, elle est au cœur de la physique moderne et de nombreuses technologies, comme les accélérateurs de particules et les systèmes GPS.