

Généré par application kalanso sur PLAYSTORE

Sujet : Physique — 22/09/2026 08:20 creat by Kalanso App

La Relativité Restreinte

La relativité restreinte, publiée par Albert Einstein en 1905, est une théorie physique qui a révolutionné notre compréhension de l'espace et du temps. Elle repose sur deux postulats simples mais aux conséquences profondes : le principe de relativité et la constance de la vitesse de la lumière. Ce cours explore les fondements de cette théorie, ses implications contre-intuitives et quelques applications.

1. Les postulats d'Einstein

La relativité restreinte repose sur deux postulats :

- **Principe de relativité** : Les lois de la physique sont identiques dans tous les référentiels galiléens (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 une constante universelle indépendante du mouvement de la source ou de l'observateur. Sa valeur est d'environ $299\,792\,458\text{ m/s}$.

Ces postulats remettent en cause les notions classiques d'espace et de temps absolus. Ils impliquent que les mesures de longueur et de durée dépendent du référentiel dans lequel elles sont effectuées.

2. Relativité de la simultanéité et dilatation du temps

L'une des conséquences les plus frappantes est la relativité de la simultanéité : deux événements simultanés dans un référentiel ne le sont pas nécessairement dans un autre. Cela conduit à la dilatation du temps : une horloge en mouvement par rapport à un observateur semble ralentir. La formule est :

$$\Delta t = \gamma \Delta t_{\text{propre}}$$

où γ (gamma) est le facteur de Lorentz :

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

Ici, Δt_{propre} est le temps mesuré dans le référentiel où l'horloge est au repos (temps propre), et v est la vitesse relative. Lorsque v s'approche de c , γ tend vers l'infini, et le temps semble s'arrêter.

Exemple : Les muons créés dans la haute atmosphère par les rayons cosmiques ont une durée de vie très courte (environ $2,2 \mu\text{s}$). Pourtant, ils parviennent jusqu'au sol en grand nombre. Cela s'explique par la dilatation du temps : à une vitesse proche de c , leur durée de vie apparente est considérablement allongée.

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. La formule est :

$$L = L_{\text{propre}} / \gamma$$

où L_{propre} est la longueur mesurée dans le référentiel au repos de l'objet. Cette contraction n'est pas une illusion : elle est réelle et mesurable.

Exemple : Une règle de 1 m se déplaçant à 80% de la vitesse de la lumière paraîtrait avoir une longueur de 0,6 m pour un observateur au repos.

4. Transformation de Lorentz et composition des vitesses

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 x par rapport à S , alors :

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

Ces transformations montrent que l'espace et le temps sont intimement liés, formant un espace-temps à quatre dimensions (trois d'espace, une de temps).

Une conséquence importante est la nouvelle loi de composition des vitesses. Si un objet se déplace à la vitesse u' dans S' , sa vitesse u dans S est :

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

Cette formule garantit qu'aucune vitesse ne peut dépasser c . Par exemple, si $u' = 0,8c$ et $v = 0,8c$, alors $u = (0,8c + 0,8c) / (1 + 0,64) = 1,6c / 1,64 \approx 0,976c$, et non $1,6c$.

5. Énergie et masse

La relativité restreinte modifie également les notions d'énergie et de quantité de mouvement. L'énergie totale d'une particule de masse au repos m_0 et de vitesse v est :

$$E = \gamma m_0 c^2$$

L'énergie au repos est $E_0 = m_0 c^2$, célèbre équation d'Einstein. L'énergie cinétique relativiste est la différence entre l'énergie totale et l'énergie au repos :

$$E_c = (\gamma - 1) m_0 c^2$$

Cette relation montre qu'une petite masse peut libérer une énergie colossale, comme dans les réactions nucléaires.

Exemple : Dans une centrale nucléaire, la fission de l'uranium convertit une petite fraction de la masse en énergie, selon $E = mc^2$. La perte de masse est d'environ 0,1%, mais l'énergie libérée est énorme.

Conclusion

La relativité restreinte est une théorie fondamentale qui a profondément modifié notre vision de l'univers. Elle introduit des concepts contre-intuitifs comme la dilatation du temps, la contraction des longueurs et l'équivalence masse-énergie. Bien que ses effets ne soient perceptibles qu'à des vitesses proches de celle de la lumière, elle est aujourd'hui confirmée par de nombreuses expériences et est indispensable dans des domaines comme la physique des particules, l'astrophysique et même le GPS. Comprendre la relativité restreinte, c'est acquérir une nouvelle perspective sur l'espace, le temps et la matière.