

Généré par application kalanso sur PLAYSTORE

Sujet : Physique — 21/09/2026 16:50 creat by Kalanso App

La relativité restreinte

La relativité restreinte est une théorie physique publiée par Albert Einstein en 1905. Elle a bouleversé notre compréhension de l'espace et du temps en montrant que ces notions sont relatives à l'observateur et non absolues. Cette théorie s'applique en l'absence de gravitation (ou lorsque celle-ci est négligeable) et pour des vitesses proches de celle de la lumière. Elle repose sur deux postulats simples mais aux conséquences profondes.

1. Les postulats d'Einstein

La relativité restreinte repose sur deux postulats fondamentaux :

- **Principe de relativité** : Les lois de la physique sont les mêmes dans tous les référentiels inertiels (c'est-à-dire 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 la même dans tous les référentiels inertiels, indépendamment du mouvement de la source ou de l'observateur. Sa valeur est exactement 299 792 458 m/s.

Ces deux postulats peuvent sembler anodins, mais ils entrent en contradiction avec la mécanique newtonienne et la transformation de Galilée. Pour les concilier, Einstein a dû abandonner l'idée d'un temps absolu.

2. La relativité du temps : dilatation temporelle

L'une des conséquences les plus célèbres est que le temps ne s'écoule pas de la même manière pour tous les observateurs. Considérons une horloge en mouvement par rapport à un observateur. Pour cet observateur, l'horloge en mouvement bat plus lentement. Ce phénomène est appelé **dilatation du temps**.

La formule reliant l'intervalle de temps propre (mesuré dans le référentiel de l'horloge) $\Delta\tau$ et l'intervalle de temps mesuré par l'observateur Δt est :

$$\Delta t = \gamma \Delta\tau$$

où γ (gamma) est le facteur de Lorentz :

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

Ici, v est la vitesse relative entre les deux référentiels. Lorsque v est petite devant c , $\gamma \approx 1$ et les effets sont négligeables. Mais lorsque v s'approche de c , γ devient très grand et la dilatation du temps devient importante.

Exemple : Les muons créés dans la haute atmosphère par les rayons cosmiques ont une durée de vie moyenne de $2,2 \mu\text{s}$. Même en voyageant à une vitesse proche de c , ils ne devraient parcourir que 660 m avant de se désintégrer, ce qui les empêcherait d'atteindre le sol. Pourtant, on les détecte en grand nombre 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 , leur permettant de parcourir plusieurs kilomètres.

3. La contraction des longueurs

La dilatation du temps s'accompagne d'un autre effet : la **contraction des longueurs**. Un objet en mouvement est plus court dans la direction de son mouvement, tel que mesuré par un observateur au repos. Si L_0 est la longueur propre (mesurée dans le référentiel de l'objet), la longueur L mesurée par l'observateur en mouvement relatif est :

$$L = L_0 / \gamma$$

Ainsi, plus un objet se déplace rapidement, plus il paraît contracté dans la direction de son mouvement. Cette contraction n'est pas une illusion : elle est réelle et découle de la relativité de la simultanéité.

4. La relativité de la simultanéité

En relativité restreinte, deux événements qui se produisent au même moment pour un observateur peuvent ne pas être simultanés pour un autre observateur en mouvement relatif. Cette relativité de la simultanéité est à la base des effets de dilatation du temps et de contraction des longueurs.

Pour illustrer, imaginons un train en mouvement. Un observateur à l'intérieur du train voit deux éclairs frapper simultanément les deux extrémités du wagon. Pour un observateur sur le quai, les éclairs ne sont pas simultanés : il voit l'éclair à l'arrière frapper avant celui à l'avant. La simultanéité n'est donc pas absolue.

5. Énergie et masse : $E = mc^2$

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

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

L'énergie au repos, lorsque la particule est immobile, est donnée par la fameuse équation :

$$E = m_0 c^2$$

Cette équation montre que la masse est une forme d'énergie. Elle explique la production d'énergie dans les réactions nucléaires, où une petite quantité de masse est convertie en une énorme quantité d'énergie.

Exemple : Dans le Soleil, la fusion nucléaire convertit environ 4 millions de tonnes de masse en énergie chaque seconde, produisant la lumière et la chaleur qui nous parviennent.

Conclusion

La relativité restreinte a profondément modifié notre vision de l'univers. Elle a introduit des concepts contre-intuitifs comme la dilatation du temps, la contraction des longueurs et l'équivalence masse-énergie. Ses prédictions ont été vérifiées expérimentalement de nombreuses fois, notamment dans les accélérateurs de particules et les expériences avec des horloges atomiques. Bien qu'elle ne prenne pas en compte la gravitation, elle a ouvert la voie à la relativité générale (1915) et reste aujourd'hui un pilier de la physique moderne.