

Généré par application kalanso sur PLAYSTORE

Sujet : Physique — 22/09/2026 01:55 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, du temps et de l'énergie. Elle repose sur deux postulats simples mais aux conséquences profondes. Ce cours présente les principes de base, quelques conséquences majeures et des exemples concrets.

1. Les deux postulats fondamentaux

La théorie repose sur deux postulats :

- **Principe de relativité** : Les lois de la physique sont les mêmes 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 la même dans tous les référentiels galiléens, indépendamment du mouvement de la source ou de l'observateur. Sa valeur est $c \approx 3,00 \times 10^8$ 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

Une conséquence immédiate est que la simultanéité de deux événements est relative : deux événements qui se produisent au même moment pour un observateur peuvent ne pas être simultanés pour un autre observateur en mouvement relatif.

Exemple : Imaginons un train se déplaçant à grande vitesse. Une lampe flash est allumée au centre du wagon. Pour un passager dans le train, la lumière atteint simultanément les deux extrémités du wagon. Pour un observateur sur le quai, la lumière atteint d'abord l'extrémité arrière (qui se rapproche) puis l'extrémité avant (qui s'éloigne). La simultanéité n'est donc pas absolue.

3. Dilatation du temps et contraction des longueurs

La relativité restreinte prédit que le temps s'écoule différemment selon les référentiels.

Dilatation du temps

Une horloge en mouvement par rapport à un observateur paraît ralentir. 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 :

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

Pour des vitesses faibles devant c , $\gamma \approx 1$ et les effets sont négligeables. Pour des vitesses proches de c , γ devient très grand.

Exemple : Les muons créés dans la haute atmosphère par les rayons cosmiques ont une durée de vie propre d'environ $2,2 \mu\text{s}$. Sans relativité, même à la vitesse de la lumière, ils ne pourraient parcourir que 660 m avant de se désintégrer, et ne devraient pas atteindre le sol. Or, on les détecte au niveau de la mer. La dilatation du temps explique ce phénomène : dans le référentiel terrestre, leur durée de vie est allongée par le facteur γ , leur permettant de parcourir plusieurs kilomètres.

Contraction des longueurs

Inversement, une longueur en mouvement est contractée dans la direction du mouvement :

$$L = L_0 / \gamma$$

où L_0 est la longueur propre (mesurée dans le référentiel de l'objet).

4. Équivalence masse-énergie

L'une des conséquences les plus célèbres est l'équivalence entre masse et énergie, exprimée par :

$$E = m c^2$$

Cette équation signifie qu'un objet au repos possède une énergie de masse. Elle explique la libération d'énergie dans les réactions nucléaires : une petite perte de masse se traduit par une grande quantité d'énergie.

Exemple : Dans la fusion nucléaire au cœur du Soleil, environ 4 millions de tonnes de matière sont converties en énergie chaque seconde, produisant la lumière et la chaleur qui nous parviennent.

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 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 mélangent espace et temps, montrant qu'ils forment un continuum espace-temps.

Conclusion

La relativité restreinte est une théorie élégante et contre-intuitive qui a profondément modifié notre vision de l'univers. Ses prédictions, comme la dilatation du temps et l'équivalence masse-énergie, ont été vérifiées expérimentalement de nombreuses fois. Elle est indispensable pour comprendre les phénomènes à haute énergie, les accélérateurs de particules, et même le fonctionnement du GPS. Bien que ses effets soient imperceptibles à notre échelle, ils deviennent dominants dès que les vitesses s'approchent de celle de la lumière.