

Généré par application kalanso sur PLAYSTORE

Sujet : Physique — 21/09/2026 15:40 creat by Kalanso App

La Relativité Restreinte : Principes et Conséquences

La relativité restreinte, publiée par Albert Einstein en 1905, a révolutionné notre compréhension de l'espace, du temps et de l'énergie. Elle s'applique aux phénomènes physiques en l'absence de gravitation (ou lorsque celle-ci est négligeable) et pour des vitesses proches de celle de la lumière. Ce cours présente les deux postulats fondamentaux, puis explore quelques conséquences majeures comme la dilatation du temps, la contraction des longueurs et l'équivalence masse-énergie.

1. Les deux postulats fondamentaux

La théorie repose sur deux principes simples mais aux implications profondes :

- **Principe de relativité** : Les lois de la physique sont identiques dans tous les référentiels inertiels (c'est-à-dire en mouvement rectiligne uniforme les uns par rapport aux autres). Aucune expérience ne permet de distinguer un référentiel inertiel d'un autre.
- **Invariance de la vitesse de la lumière** : La vitesse de la lumière dans le vide, notée c , est constante et indépendante du mouvement de la source ou de l'observateur. Sa valeur est d'environ $299\,792\,458\text{ m/s}$.

Ces postulats peuvent sembler anodins, mais ils entrent en contradiction avec la mécanique classique de Newton, qui suppose que les vitesses s'additionnent simplement. Par exemple, si vous courez à 5 m/s et lancez une balle à 10 m/s , la balle va à 15 m/s par rapport au sol. Pour la lumière, ce n'est plus vrai : si vous allumez une lampe torche en courant, la lumière ne va pas plus vite que c .

2. La dilatation du temps

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 au repos dans un référentiel R' en mouvement à la vitesse v par rapport à un référentiel R . L'intervalle de temps Δt mesuré dans R entre deux événements se produisant au même endroit dans R' est donné par :

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0, \text{ où } \gamma = 1 / \sqrt{1 - v^2/c^2} \text{ et } \Delta t_0 \text{ est le temps propre (mesuré dans } R').$$

Le facteur γ (gamma) est toujours supérieur ou égal à 1. Ainsi, une horloge en mouvement paraît ralentir par rapport à une horloge au repos. Ce phénomène est appelé **dilatation du temps**.

Exemple : les muons cosmiques

Les muons sont des particules instables créées dans la haute atmosphère. Leur durée de vie moyenne est d'environ $2,2 \mu\text{s}$. Sans relativité, même à une vitesse proche de c , ils ne pourraient parcourir que quelques centaines de mètres avant de se désintégrer. Pourtant, on les détecte au niveau du sol ! Cela s'explique par la dilatation du temps : dans le référentiel terrestre, leur durée de vie est considérablement allongée grâce au facteur γ .

3. La contraction des longueurs

De manière symétrique, les longueurs ne sont pas absolues. Si un objet de longueur propre L_0 (mesurée dans son référentiel au repos) se déplace à la vitesse v parallèlement à sa longueur, sa longueur L mesurée dans le référentiel de l'observateur est :

$$L = L_0 / \gamma = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

Ainsi, un objet en mouvement paraît contracté dans la direction du mouvement. Cette contraction n'est pas une illusion : elle résulte de la relativité de la simultanéité.

Exemple : le train d'Einstein

Imaginons un train de 300 m de long (longueur propre) roulant à $0,8 c$. Pour un observateur sur le quai, sa longueur sera $L = 300 \times \sqrt{1 - 0,8^2} = 300 \times 0,6 = 180 \text{ m}$. Le train paraît donc plus court.

4. L'équivalence masse-énergie

La relativité restreinte unifie les concepts de masse et d'énergie. La célèbre équation d'Einstein est :

$$E = m c^2$$

où E est l'énergie au repos, m la masse, et c la vitesse de la lumière. Cela signifie qu'une masse peut être convertie en énergie et réciproquement. Cette relation est au cœur de la physique nucléaire : dans une réaction de fission, une petite partie de la masse est transformée en énergie, expliquant la puissance des centrales nucléaires et des bombes atomiques.

De plus, l'énergie totale d'une particule en mouvement est $E = \gamma m c^2$, et son impulsion relativiste est $p = \gamma m v$.

Exemple : annihilation électron-positon

Lorsqu'un électron et un positon (antiparticule de l'électron) se rencontrent, ils s'annihilent en produisant deux photons d'énergie totale égale à $2 m_e c^2$, où m_e est la masse de l'électron. Cette énergie est d'environ 1,022 MeV.

5. Conclusion

La relativité restreinte a profondément modifié notre vision de l'espace et du temps. Ses prédictions, souvent contre-intuitives, ont été vérifiées expérimentalement de nombreuses fois, que ce soit par la dilatation des muons, les expériences avec des horloges atomiques en mouvement, ou les accélérateurs de particules. Elle est aujourd'hui un pilier de la physique moderne et trouve des applications pratiques, par exemple dans le GPS, où les corrections relativistes sont indispensables pour une localisation précise. Comprendre ses principes et ses conséquences est essentiel pour quiconque s'intéresse à la physique fondamentale.