

## Généré par application kalanso sur PLAYSTORE

Sujet : Physique — 23/09/2026 00:10 creat by Kalanso App

---

# La relativité restreinte

La relativité restreinte est une théorie physique fondamentale publiée par Albert Einstein en 1905. Elle bouleverse notre compréhension de l'espace et du temps en introduisant deux postulats simples mais aux conséquences révolutionnaires. Ce cours présente les fondements de cette théorie, ses conséquences 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 (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  $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$  (environ  $300\,000\text{ km/s}$ ).

Ces postulats remettent en cause les notions d'espace et de temps absolus de la mécanique newtonienne.

## 2. Relativité de la simultanéité et dilatation du temps

---

Une conséquence immédiate est que la simultanéité de deux événements est relative : deux événements simultanés dans un référentiel ne le sont pas nécessairement dans un autre en mouvement relatif.

La dilatation du temps est un phénomène par lequel une horloge en mouvement par rapport à un observateur semble ralentir. Si une horloge se déplace à la vitesse  $v$  par rapport à un observateur, l'intervalle de temps  $\Delta t$  mesuré par l'observateur est relié à l'intervalle de temps propre  $\Delta \tau$  (mesuré dans le référentiel de l'horloge) par :

$$\Delta t = \gamma \Delta \tau, \text{ où } \gamma = 1 / \sqrt{1 - v^2/c^2} \text{ est le facteur de Lorentz.}$$

Puisque  $\gamma \geq 1$ , le temps mesuré par l'observateur est toujours plus grand que le temps propre : l'horloge en mouvement paraît ralentir.

### Exemple :

Un muon créé dans la haute atmosphère a une durée de vie propre d'environ  $2,2\text{ }\mu\text{s}$ . Sans relativité, il ne pourrait parcourir que  $660\text{ m}$  avant de se désintégrer. Pourtant, on

les détecte au sol. Cela s'explique par la dilatation du temps : à une vitesse proche de  $c$ , leur durée de vie observée depuis la Terre est considérablement allongée, leur permettant de parcourir plusieurs kilomètres.

### 3. Contraction des longueurs

---

La contraction des longueurs est un autre effet relativiste : un objet en mouvement paraît plus court dans la direction de son mouvement. Si  $L_0$  est la longueur propre (mesurée au repos), la longueur  $L$  mesurée par un observateur en mouvement relatif est :

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

Comme  $\gamma \geq 1$ ,  $L \leq L_0$  : l'objet est contracté.

#### Exemple :

Une règle de 1 m se déplaçant à  $0,8c$  paraît mesurer 0,6 m pour un observateur au repos.

### 4. Transformation de Lorentz et composition des vitesses

---

Les transformations de Lorentz relient les coordonnées d'un événement dans deux référentiels galiléens en mouvement relatif. Si  $S'$  se déplace à la vitesse  $v$  le long de l'axe des  $x$  par rapport à  $S$ , alors :

$$x' = \gamma (x - v t)$$

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

Ces équations remplacent les transformations galiléennes de la mécanique classique. Elles montrent que l'espace et le temps sont intimement liés.

La composition des vitesses devient également non linéaire. 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  $c$ .

#### Exemple :

Si  $u' = 0,9c$  et  $v = 0,9c$ , alors  $u = (0,9c + 0,9c) / (1 + 0,81) = 1,8c / 1,81 \approx 0,994c$ , bien inférieure à  $c$ .

### 5. Énergie et masse

---

L'énergie totale d'une particule de masse  $m$  et de vitesse  $v$  est donnée par :

$$E = \gamma m c^2 .$$

Au repos ( $v = 0$ ,  $\gamma = 1$ ), on obtient la fameuse relation d'équivalence masse-énergie :

$$E_0 = m c^2 .$$

Cette équation signifie que la masse est une forme d'énergie. Elle est vérifiée expérimentalement dans les réactions nucléaires, où une petite perte de masse libère une énergie considérable.

### Exemple :

Dans la fission de l'uranium, la masse des produits est légèrement inférieure à celle du noyau initial. La différence de masse  $\Delta m$  est convertie en énergie selon  $E = \Delta m c^2$ .

## Conclusion

---

La relativité restreinte a profondément modifié notre vision de l'univers. Ses prédictions, souvent contre-intuitives, ont été confirmées par de nombreuses expériences. Elle est indispensable dans des domaines comme la physique des particules, l'astrophysique et même le fonctionnement du GPS. Bien que limitée aux référentiels galiléens, elle a ouvert la voie à la relativité générale, qui intègre la gravitation. Ainsi, la relativité restreinte demeure un pilier de la physique moderne.