

## Généré par application kalanso sur PLAYSTORE

Sujet : Physique — 22/09/2026 05:30 creat by Kalanso App

---

# La relativité restreinte

La relativité restreinte est une théorie physique publiée par Albert Einstein en 1905. Elle a profondément modifié notre compréhension de l'espace, du temps et de l'énergie. Contrairement à la mécanique classique de Newton, qui suppose un espace et un temps absolus, la relativité restreinte postule que les lois de la physique sont les mêmes dans tous les référentiels inertiels et que la vitesse de la lumière dans le vide est constante, indépendamment du mouvement de la source ou de l'observateur. Ce cours présente les postulats, les conséquences contre-intuitives et quelques applications de cette théorie révolutionnaire.

## 1. Les postulats de la relativité restreinte

---

Einstein a formulé sa théorie à partir de deux postulats simples :

- **Principe de relativité** : Les lois de la physique sont identiques dans tous les référentiels inertiels (c'est-à-dire les référentiels dans lesquels un corps isolé reste au repos ou en mouvement rectiligne uniforme).
- **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, quelle que soit la vitesse de la source ou de l'observateur. Sa valeur est approximativement  $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$ .

Ces deux postulats peuvent sembler anodins, mais ils impliquent des conséquences radicales. En particulier, ils remettent en cause les notions d'espace et de temps absolus de la physique newtonienne.

## 2. La relativité de la simultanéité

---

Une des premières conséquences est que la simultanéité de deux événements n'est pas absolue : elle dépend du référentiel dans lequel on l'observe. Considérons l'expérience de pensée du train d'Einstein : un train se déplace à grande vitesse. Un observateur au milieu du train envoie un flash lumineux vers l'avant et l'arrière. Pour lui, la lumière atteint les deux extrémités en même temps. Pour un observateur sur le quai, la lumière atteint l'arrière du train avant l'avant, car l'arrière se rapproche de la lumière tandis que l'avant s'en éloigne. Ainsi, deux événements simultanés dans un référentiel ne le sont pas nécessairement dans un autre.

Cette relativité de la simultanéité est à la base des effets de dilatation du temps et de contraction des longueurs.

### 3. Dilatation du temps et contraction des longueurs

La dilatation du temps stipule qu'une horloge en mouvement par rapport à un observateur semble battre plus lentement. Si une horloge mesure un intervalle de temps propre  $\Delta t_0$  (temps dans son référentiel de repos), un observateur pour qui elle se déplace à la vitesse  $v$  mesurera un intervalle  $\Delta t$  donné par :

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0, \text{ où } \gamma = 1 / \sqrt{1 - v^2/c^2} \text{ est le facteur de Lorentz.}$$

Comme  $\gamma \geq 1$ , le temps mesuré est toujours plus grand que le temps propre : le temps s'écoule plus lentement pour l'objet en mouvement.

De même, la longueur d'un objet en mouvement est contractée dans la direction du mouvement. Si  $L_0$  est la longueur propre (mesurée au repos), la longueur  $L$  mesurée par un observateur pour qui l'objet se déplace à la vitesse  $v$  est :

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

Ces effets ne sont pas de simples illusions : ils sont bien réels et ont été confirmés par de nombreuses expériences, par exemple avec des muons créés dans la haute atmosphère qui parviennent jusqu'au sol grâce à la dilatation de leur durée de vie.

### 4. Équivalence masse-énergie

La relativité restreinte modifie également les notions de masse et d'énergie. Einstein a montré que la masse est une forme d'énergie et que toute masse possède une énergie de repos  $E_0 = m c^2$ . Plus généralement, l'énergie totale d'une particule de masse  $m$  et de quantité de mouvement  $p$  est donnée par la relation :

$$E^2 = (p c)^2 + (m c^2)^2.$$

Pour une particule au repos ( $p = 0$ ), on retrouve  $E = m c^2$ . Cette équation célèbre explique comment une petite quantité de masse peut libérer une énergie colossale, comme dans les réactions nucléaires. Par exemple, dans la fusion nucléaire au cœur du Soleil, une partie de la masse des noyaux d'hydrogène est convertie en énergie, produisant la lumière et la chaleur que nous recevons.

### 5. Applications et vérifications expérimentales

La relativité restreinte a de nombreuses applications pratiques et a été vérifiée avec une grande précision :

- **Accélérateurs de particules** : Les particules chargées sont accélérées à des vitesses proches de  $c$ . Les calculs relativistes sont indispensables pour prédire leur comportement et concevoir les machines.

- **GPS** : Les satellites GPS embarquent des horloges atomiques. Pour obtenir une localisation précise, il faut tenir compte à la fois des effets de la relativité restreinte (dilatation du temps due à leur vitesse) et de la relativité générale (gravitation). Sans ces corrections, les erreurs de position seraient de plusieurs kilomètres par jour.
- **Physique nucléaire** : La relation  $E = m c^2$  est fondamentale pour comprendre la production d'énergie dans les centrales nucléaires et les armes atomiques.
- **Expériences de pensée et réelles** : L'expérience de Michelson-Morley, les muons atmosphériques, ou encore les horloges atomiques en avion (expérience de Hafele-Keating) ont confirmé les prédictions de la relativité restreinte.

## Conclusion

---

La relativité restreinte a bouleversé notre vision de l'univers en montrant que l'espace et le temps ne sont pas absolus, mais intimement liés et dépendants du mouvement relatif. Ses postulats simples conduisent à des phénomènes étonnants comme la dilatation du temps, la contraction des longueurs et l'équivalence masse-énergie. Bien que ces effets ne soient perceptibles qu'à des vitesses proches de celle de la lumière, ils sont essentiels dans de nombreux domaines de la physique moderne, des particules élémentaires à la cosmologie. La relativité restreinte demeure aujourd'hui un pilier de la physique théorique, constamment vérifiée par l'expérience.