

LP06 : Cinématique relativiste

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

Autres titres possibles

- Insuffisances de la relativité galiléenne. Relativité restreinte.

Ebauche de plan - Niveau : $\simeq$ L3

Prérequis

- Transformation galiléenne
- Rotation hyperbolique

1 Limites de la transformation de Galilée

1.1 Transformation de Galilée

- Définition d'un référentiel inertiel
- Écrire la transformation et la commenter
- Insister sur le temps absolu
- Aboutir à la composition des vitesses

1.2 L'expérience de Michelson et Morley

2 Dépassement par la relativité restreinte

2.1 Principe d'Einstein

- Citer les deux principes ([1] chap 1)
- Montrer leur incompatibilité avec une notion de temps et d'espace absolu.
- De fait, il va falloir se placer dans un espace à 4D

2.2 Transformation de Lorentz-Poincaré

- Se placer dans le cas 1D
- Donner l'idée d'une transformation générale (type $ct' = f(ct, x, y, z)$)
- Donner directement la forme de la transformation de Lorentz
- Définir gamma et beta
- Expliciter la possibilité de poser la rapidité, et mettre la transformation sous la forme d'une rotation hyperbolique ([1] chap 2)

2.3 Notion d'évènement

- Un point de l'espace temps à quatre dimensions
- Définition de l'intervalle
- Montrer l'invariance de l'intervalle au carré par changement de référentiel inertiel
- Dire que deux évènements sont simultanés si $\Delta t = 0$, ce qui peut être le cas dans un référentiel mais pas dans un autre, car $\Delta t' = -\gamma \frac{v}{c^2} \Delta x$

3 Effets de la cinématique relativiste

3.1 Diagramme de Minkowski, Cône de lumière

- Tracer un diagramme de Minkowski
- Séparer les trois zones de l'espaces, parler de passé, présent, futur, ailleurs, des trois types d'intervalle: genre temps, genre espace et genre lumière
- Discuter de la notion de causalité: Un évènement ne peut influencer sur un évènement dont l'intervalle est de type espace entre les deux

3.2 Dilatation des durées [4]

- Calculer dans un référentiel R et R' pour $\Delta x = 0$ le Δt . On a $\Delta t = \gamma \Delta t'$
- Définition de temps propre
- Conséquence: $\gamma > 1$ donc le temps impropre est toujours supérieur au temps propre

3.3 Durée de vie des muons: Expérience de Frisch et Schmidt [4]

- On place deux détecteurs à muons à une hauteur h de différence dans l'atmosphère.
- On sait que les muons se désintègrent avec un temps caractéristique de $\tau = 0.22\mu s$
- On a $n(t) = n_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$
- On compte sur un détecteur $n_1 = 536$, par ailleurs, les muons ont une vitesse $v = 0.995c$, et les deux détecteurs sont espacés de $h = 1900$ m
- On a normalement $n_2(t) = n_1 e^{-\frac{h}{v\tau}} = 31$ Sauf qu'expérimentalement on trouve 408
- Mais dans le référentiel propre on a $t' = \gamma t$, donc : $n_2(t) = n_1 e^{-\frac{h}{\gamma v\tau}} = 408$
- On retrouve bien 408

Bibliographie : démonstrations et exemples

- 1 Claude Semay, Bernard Silvestre Brac. Relativité restreinte, bases et applications, Dunod
- 2 Grossetête. Relativité restreinte.
- 3 Perez. Relativité
- 4 BFR, Méca 1

Manipulations, ressources

- <http://sci-phy.org/Aggreg/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=C2VM07pcWhg>