

LP 18: Effet relativiste de la dilatation des durées

Niveau: Secondaire

- Prérequis:
- Notion de référentiel (axe + horloge) (TS)
 - Mécanique newtonienne, loi de Newton et description d'une trajectoire (TS)
 - Interférence lumineuse (TS) !
 - Pythagore (collège)

Intro péda: → En TS dans le ~~module~~ thème lois et modèles

→ Avant: mécanique newtonienne (classique)

→ Leçon basée sur les expériences historiques qui ont mis en avant les limites de la mécanique classique

→ Prérequis

→ Difficulté: Pas d'expérience pour illustrer cette notion qui heurte le sens commun → expérience de pensées

TD: calcul de l'erreur obtenue sur un GPS.

Intro: → Référentiel = un repère spatiale + une horloge.

→ Mécanique Newtonienne ⇒ temps absolu

→ Idée remise en cause par A. Einstein en 1905.

- Objectifs:
- Comprendre la nécessité d'introduire la relativité restreinte.
 - Définir les notions de durée propre et mesurée.
 - Définir les domaines d'application.

1. Les origines de la relativité restreinte

A) L'expérience de Michelson et Morley.

→ Théorie de l'éther jusqu'à XX^es: éther = substance élastique et invisible qui remplit l'espace et permet la propagation de la lumière

→ Immobilité dans l'espace

Mais sur la Terre ⇒ vent d'éther

→ Hypothèse: c doit être modifiée selon la direction
// et \perp au vent

Explication du bateau HECHT p. 1052

→ Dispositif de Michelson ⇒ interférence si vitesse $\neq 0$
Mais en fait, pas d'effet observé

Tr: Cette expérience + les incompatibilités en 2 théories de l'époque amena Einstein à formuler 2 postulats

B) Fondement de la relativité restreinte

→ 1^{er} postulat: les lois de la physique s'expriment de la même manière dans tous les ref. galiléens.

⇒ Pas de ref. absolu

on ne peut savoir si on est immobile ou au repos.

→ 2^e postulat: la vitesse de propagation de la lumière* est indépendante du mt de la source lumineuse, elle est invariante dans tout changement de ref. galiléen

* dans le vide

⇒ Pour toute particule ou signal: $v \leq c$

→ Postulat formulé sans preuve expérimentale à l'époque

Depuis: expérience des pions **HECHT**

Tr: Postulats qui permettent des avancées sur la compréhension du temps.

II - Effet relativiste du temps

→ Newton ⇒ t absolu

relativité restreinte ⇒ t dépend du ref.

A) La simultanéité

→ Événement = fait se produisant en un point de l'espace à un instant donné

→ Événements simultanés: se produisent au m moment

Exemple WIKI "SIMULTANÉITÉ"

→ E_1 : émission de lumière

E_2 : lumière à l'extrémité droite

⇒ la durée entre E_1 et E_2 n'est pas la même dans les 2 refs.

Tr: comment expliquer ce changement de durée?

B) Dilatation des durées

→ Def: ref propre = dans lequel l'objet est immobile
⇒ c'est à l'objet.

Dans ce ref: durée propre.

→ Durée mesurée = durée dans une ref en mouvement

→ Expérience pensée : HECHT p. 1063

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta T_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Rightarrow \Delta T > \Delta T_0$$

↳ durée mesurée

GEOMETRIA \Rightarrow pour $v \ll c$: pas d'influence.

Tr: Exploitations

III - Exploitation pratique: le GPS

→ Principe de fonctionnement

RAY p. 123

→ Horloge atomique dans satellite donc très précise

→ Horloge moins précise dans la voiture

Pb: erreur de 10^{-6} s \Rightarrow 300 m de décalage.

\Rightarrow 4^{ème} satellite pour synchroniser les temps.

Conclusion: → Postulats d'Einstein (slide)

$$\Rightarrow v \ll c \text{ et } \Delta T = \frac{\Delta T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Ouverture: paradoxe des jumeaux

Biblios: - HECHT

- RAY, physique des objets...

- TS HACKETTE, BELIN, SIRIUS