LP 6,7- Relativité

# Références

**Taylor : Mécanique Classique (chapitre 15)**

**Relativité Restreinte (Michel et Nicole Hulin)**

# Prérequis

Mécanique Newtonienne

Transformation de Galilée

Référentiel inertiel

Expérience de Michelson et Morley (1887)

2 Postulats de la relativité

Notion d’évènement

# Introduction

**L’expérience de Michelson et Morley (1887)**(que Lord Kelvin considérait en 1900 comme un petit nuage d’incompréhension qui obscurcissait le ciel clair radieux de la physique) a remis en question l’hypothèse de référentiel lié à l’éther dans lequel la lumière se propagerait. Grâce **aux 2e postulat** de la relativité formulé par Einstein en 1905, le résultat de l’expérience de Michelson et Morley trouve une explication théorique. En effet, on rappelle qu’en 1905, Einstein postule que la vitesse de la lumière est indépendante du référentiel inertiel et sera donc toujours égale à indépendamment de l’observateur. On rappelle aussi au passage le **1er postulat** qui stipule que l’ensemble des référentiels inertiel sont équivalent et donc que les lois de la physique sont covariantes d’un référentiel inertiel à l’autre.

La **pertinence de ces deux** **postulats** n’est justifiable que par la vérification expérimentale des conséquences qui en découlent. Dans le cas de l’expérience de Michelson et Morley, il n’y a pas de remise en cause de ces postulats. En fait, ces postulats n’ont aujourd’hui jamais été mis en défaut contrairement aux postulats de Newton qui sont robustes tant que l’on travaille avec des objets dont la vitesse est faible par rapport à c. Nous allons donc devoir pour comprendre le monde qui nous entoure **remettre en question notre vision Newtonienne (1687)** du monde en commençant par l’idée que le **temps est un concept absolu**, indépendant du référentiel dans lequel on se place.

**Annonce du plan :** 1- Les conséquences des deux postulats vont bousculer notre vision de l’espace-temps. Les longueurs, les durées vont désormais dépendre du référentiel inertiel dans lequel on se place. 2-Une nouvelle théorie dynamique devra se construire et trouvera un intérêt majeur dans la découverte de nouvelles particules crées par collisions dans les accélérateurs de particules.

# Une nouvelle vision de l’espace-temps

## Dilatation des durées

**L’horloge à photons (p676 §15.4 Taylor):** Il s’agit ici d’une expérience de pensée qui va nous permettre de comprendre que le temps ne s’écoule pas de la même façon entre 2 référentiels.

**Description de l’expérience** :

**Calcul du temps d’un aller-retour :** Pour l’observateur dans le wagon : . Pour l’observateur à l’extérieur (ie dans le référentiel ), le référentiel lié au train a une vitesse dans la direction Le temps que met la lumière pour faire un « aller -retour » est plus long étant donné que la lumière doit parcourir un chemin plus long. On utilise qu’on utilise le 2nd postulat pour calculer le temps

Cette formule exprime bien que la durée entre 2 évènements ayant lieu au même endroit (ie dans le référentiel du train) est plus courte que dans n’importe quel référentiel dans lequel ces évènements ne sont pas statiques. *Introduction de la notion de référentiel propre et de temps propre* .

**Conséquence** **sur la vitesse relative entre 2 référentiel inertiel** : supposons par l’absurde que le train va plus vite que la lumière . La conséquence est que l’on trouve un temps imaginaire pur. Ce résultat suggère que V doit rester inférieur à c*. La vitesse relative de deux référentiels inertiels ne peut donc atteindre ou dépasser c*.

**Deux vérifications expérimentales :** Cette expérience de pensée est bien jolie mais est-ce qu’elle décrit un phénomène réel mesurable expérimentalement. La première fois que la dilatation du temps est observée, c’est en 1941 par l’expérience de Rossi et Hall en mesurant la différence entre les durées caractéristiques de désintégration de muons en mouvement (et au repos (dans le référentiel propre). 1971 horloge atomique dans un avion à réaction

## Contraction des longueurs et Transformation de Lorentz

## Conséquences sur la simultanéité et la causalité et la vitesse

**Exemple du serpent relativiste pour la simultanéité (Taylor p687)**

**Causalité, vecteur genre espace, vecteur genre temps, conservation du produit scalaire, cône de lumière**

# Annexe :

## Expérience de Michelson et Morley (1881, 1887)

**But de l’expérience :** On pense à l’époque que la lumière a besoin pour ce déplacer d’un milieu matériel comme si c’était une onde mécanique. On appelle à l’époque ce référentiel l’éther. L’expérience de Michelson et Morley a pour but de retrouver à partir de la loi de composition des vitesses classiques une différence de temps de parcourt entre deux chemins orthogonaux parcouru par la lumière dans un interféromètre de Michelson de plusieurs 10aine de mètres. Michelson suppose que à cause du mouvement de la terre par rapport à l’éther, la vitesse ne va pas avoir la même vitesse dans deux directions orthogonales.

**Résultat Théorique :** Par un calcul simple on trouve qu’avec les hypothèses de l’existence de l’éther et d’un mouvement du référentiel du « labo » à V = 30km/s (vitesse de la terre autour du soleil) pour une longueur de bras de 10m qu’il devrait y avoir une différence de 0.2interfrance. (facteur 2 selon l’orientation de l’interféromètre Michelson)

**Expérimentalement :** Il n’y a pas de différence de temps de parcourt entre les 2 chemins !

## Expérience de désintégration des muons (Rossi et Hall 1941- Frisch et Smith 1963)

**Source** : <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/validation-relativite-restreinte-3.xml#N10063>

**Muons =** particules produites par collision de proton issu du rayonnement cosmiques sur la haute atmosphère.

On est capable de mesurer **la loi de désintégration des muons** :. La durée caractéristique de désintégration des muons dans le référentiel propre est .

**En physique classique**, on détermine théoriquement la distance caractéristique parcouru par un muon (vitesse comme . Cela signifie que tous les 660m le nombre de muons détectés est divisé par (ie qu’en 1907m )

**Expérimentalement,** la mesure du flux de muons entre 1907m et le niveau de la mer donne et muons par heure. .

**En prenant en compte la dilatation des temps : .** On trouve . Aux incertitudes de mesures, l’expérience est compatible avec la théorie relativiste.