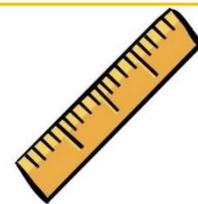




# Temps et relativité restreinte



## Synthèse des activités et compléments

### Cours : Postulats et preuves de la relativité restreinte

**Distance :** Mesure de l'espace, effectuée par une règle.

**Durée :** Mesure du temps, effectuée par une horloge. Une horloge est basée sur un phénomène périodique. Elle est d'autant plus précise que le phénomène périodique est régulier et rapide, comme par exemple dans les horloges atomiques dans lesquelles un électron oscille rapidement entre deux niveaux d'énergies dans un atome.

On peut également citer les montres à quartz, minéral qui vibre à 32768 Hz lorsqu'il est traversé par un courant.

**Événement :** Point de l'espace-temps (4D) ; Défini par 3 coordonnées d'espace et 1 coordonnée de temps.

En 1905, Albert Einstein veut réconcilier les théories de Newton (Mécanique) et de Maxwell (Électromagnétisme), (Dans la mécanique de Newton, les vitesses s'ajoutent mais la vitesse des ondes électromagnétiques est unique.) Suite à des expériences comme celle de Michelson et Morley tendant à confirmer que la vitesse de la lumière ne dépend pas de l'observateur, Einstein fonde une nouvelle mécanique compatible avec l'électromagnétisme. C'est la **Relativité restreinte**, dont la mécanique de Newton est un cas particulier (vitesses très inférieures à  $c$ ).

**Postulat 1 :** Les lois de la physique sont les mêmes dans tous les référentiels galiléens.

**Postulat 2 :** La vitesse de la lumière dans le vide est indépendante du référentiel et vaut  $c \approx 3,00.10^8 \text{ m/s}$

Une des conséquences est la **perte de la simultanéité** de deux événements.

Une autre est qu'aucun objet massif ou aucune information ne peut voyager à une vitesse supérieure à  $c$ .

En revanche, la causalité est préservée. Ainsi, on peut « voyager » dans le futur mais pas dans le passé.

De plus, **les distances et les durées mesurées dépendent de l'observateur, elles sont relatives.**

La relativité générale (1915) est une extension de la théorie de la relativité restreinte permettant de prendre en compte des référentiels non galiléens ainsi que la gravitation. Les objets mathématiques y sont des tenseurs.

Dans cette théorie, la courbure de l'espace-temps est localement liée à la densité d'énergie de l'espace.

Jusqu'à présent, cette théorie n'a jamais été mise en défaut et est utilisée technologiquement (ex : GPS, muons).

Des ondes gravitationnelles, prévues par la théorie, ont été observées en décembre 2015 (LIGO).

### Cours : Dilatation du temps, Contraction des longueurs

**Durée propre :**  $\Delta t_p$ , mesurée dans le référentiel où les deux événements « début » et « fin » sont au même endroit.

**Longueur propre :**  $\ell_p$ , mesurée dans le référentiel où les deux événements « début » et « fin » sont simultanés.

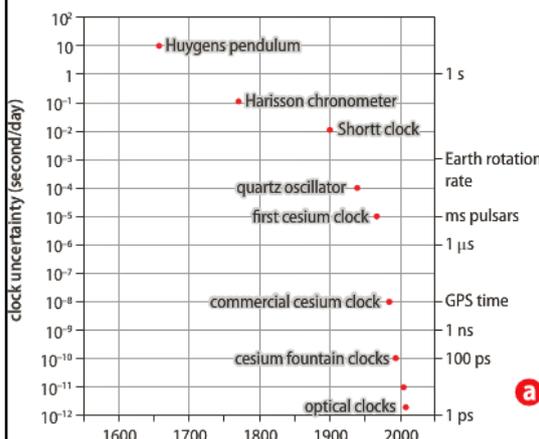
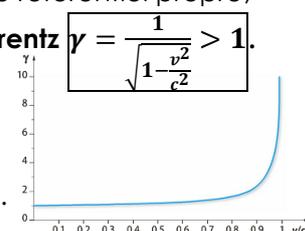
Dans un référentiel de mesure en translation rectiligne uniforme à la vitesse  $v$  par rapport au référentiel propre, on observe une **dilatation des durées** et une **contraction des longueurs** par le **facteur de Lorentz**  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} > 1$ .

**Durée mesurée :**  $\Delta t_m = \gamma \Delta t_p > \Delta t_p$  En mouvement, on mesure des durées plus longues.

(ex : Paradoxe des jumeaux, muons détectés au sol).

**Longueur mesurée :**  $\ell_m = \ell_p / \gamma < \ell_p$  En mouvement, on mesure des longueurs plus courtes.

(ex : paradoxe de la grange ou du tunnel).



à l'intérieur du train



sur le quai

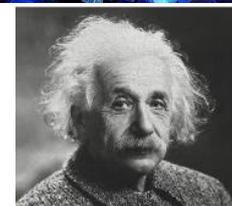
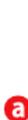


Fig. 1 Albert Einstein (1879-1955), physicien de génie et père de la relativité.