

Chapitre 11 : Temps et relativité restreinte

Connaissances et compétences :

- Extraire et exploiter des informations sur l'influence des phénomènes dissipatifs sur la problématique de la mesure du temps et la définition de la seconde.
- Extraire et exploiter des informations pour justifier l'utilisation des horloges atomiques dans la mesure du temps.
- Savoir que la vitesse de la lumière dans le vide est la même dans tous les référentiels galiléens.
- Définir la notion de temps propre.
- Exploiter la relation entre durée propre et durée mesurée.
- Extraire et exploiter des informations relatives à une situation concrète où le caractère relatif du temps est à prendre en compte.

⇒ Extrait Stargate Atlantis (Saison 3 – Episode 10 « Exil forcé »)

I. Le temps et sa mesure

⇒ Activité documentaire 5 p188 : « Mesure du temps et définition de la seconde »

1. Une quête de mesure du temps



Les **systèmes mécaniques oscillants** (horloges, montres...) ont permis à l'Homme de mesurer le temps en se substituant aux **repères périodiques naturels** (jours, saisons...).

Alors que les systèmes mécaniques oscillants subissent des phénomènes **dissipatifs**, le **quartz** vibre toujours quasi rigoureusement à la même **fréquence** lorsqu'il est traversé par un courant.

2. L'avènement de l'horloge atomique

L'**horloge atomique** de référence est celle au **césium**. La **fréquence étalon** est la fréquence stable du **rayonnement** qui accompagne la transition entre **deux niveaux d'énergie**, parfaitement connue, de l'atome de césium.

3. Le temps atomique

Le **temps atomique international** (TAI) est établi en effectuant la moyenne des informations provenant de plusieurs centaines d'horloges atomiques réparties en différents endroits du globe.

II. La dilatation du temps

1. L'invariance de la vitesse de la lumière

⇒ Activité documentaire : « La vitesse de la lumière, un défi au sens commun »

La vitesse de la lumière dans le vide ne dépend ni du mouvement de la source ni de celui de l'observateur. Elle a la même valeur c quelles que soient les circonstances :

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2. Le caractère relatif du temps

⇒ Activité documentaire : « A chacun son temps »

Le temps n'est **pas absolu** : il possède un caractère **relatif**. Il s'écoule plus **lentement** pour un système **en mouvement** que pour un système fixe : on parle de **dilatation** du temps pour un système en mouvement.



Le concept de dilatation du temps présente ses limites. En effet, c'est seulement quand un système est en mouvement **rectiligne uniforme** que son horloge ralentit. Cette restriction importante a conduit Einstein à parler de **relativité restreinte**.

3. Des preuves expérimentales

⇒ *Activité documentaire 2 p211 : « ... lorsque la relativité arriva »*

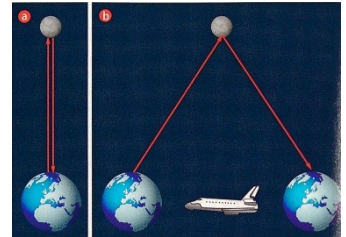
La dilatation du temps pour un système en mouvement peut se démontrer expérimentalement à l'aide d'**horloges très précises** et pour une **vitesse très importante**.

III. Durée propre et durée mesurée

⇒ *Activités documentaires 2 p211 + 3 p212*

L'intervalle de temps entre **deux événements** se produisant **en un même lieu** s'appelle **durée propre** et se note Δt_p .

Exemple : Lors de la mesure de la distance Terre-Lune, l'intervalle de temps qui sépare l'émission de la réception laser sur Terre est une durée propre, car ces deux événements se produisent en un même lieu.



On parle de **durée mesurée** pour un observateur **en mouvement par rapport aux événements** observés. Pour un observateur en mouvement **uniforme de translation**, la durée mesurée Δt_m (en s) entre deux événements peut être reliée à la durée propre Δt_p (en s) par la relation :

$$\Delta t_m = \gamma \cdot \Delta t_p$$

γ est le **coefficient de Lorentz** : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$,

où v désigne la vitesse de l'observateur et c , celle de la lumière dans le vide (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Remarques :

- Comme $\gamma \geq 1$, la durée mesurée Δt_m par l'observateur en mouvement est toujours supérieure ou égale à la durée propre Δt_p .
- On estime que la dilatation du temps pourrait s'observer de façon notable, sans avoir recours à des horloges de précision, pour des vitesses qui atteindraient au moins 20 % de la vitesse de la lumière (les vaisseaux spatiaux actuels sont loin de pouvoir atteindre de telles vitesses).
- L'invariance de la vitesse de la lumière conduit à la dilatation du temps, mais également à la contraction des longueurs, selon le même coefficient γ de Lorentz. Ainsi, $L_p = \gamma \cdot L_m$ où L_p désigne la longueur propre d'un objet et L_m sa longueur mesurée quand il y a un mouvement relatif entre l'objet et un observateur qui le mesure.