

1905 : UN NOUVEL ESPACE UN NOUVEAU TEMPS

Galilée et Maxwell sont deux physiciens qui, à trois siècles d'intervalle, ont posé les bases de deux branches de la physique : la mécanique dite « classique » pour le premier, l'électromagnétisme pour le second. Nous allons voir comment la confrontation de ces deux théories a conduit les physiciens du XX^{ème} siècle à rénover leurs théories et modèles.

La mécanique de Galilée (1564 – 1642) :



« La vitesse d'un objet dépend du référentiel dans lequel elle est mesurée. »

L'électromagnétisme de Maxwell (1831 – 1879) :



La lumière est une onde électromagnétique. La théorie des ondes électromagnétiques de Maxwell permet de prévoir théoriquement sa célérité indépendamment du référentiel d'étude. Ce qui induit donc que *quel que soit le référentiel d'étude et quelle que soit la vitesse de la source* : $c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

1^{ère} partie : Fin du XIX^{ème} siècle, deux théories se contredisent

Nous allons voir dans cette partie, pourquoi l'électromagnétisme de Maxwell est incompatible avec la relativité galiléenne.

► Conséquences du principe de relativité galiléenne :

- 1) On considère un TGV qui avance à une vitesse $v = 300\text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 83,3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ par rapport au sol. Le passager est assis sur un siège. Peut-on affirmer que « le passager est immobile » ?
- 2) Le passager, pour se rendre à la voiture bar, marche vers l'avant du train à une vitesse de $5\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Quelle est sa vitesse par rapport au train ? par rapport au sol ?
- 3) Même question, lorsque le passager quitte la voiture bar pour retourner à sa place.

► Galilée et la vitesse de la lumière :

Le passager précédent, toujours dans le TGV, est à nouveau assis, il regarde dans le sens contraire au sens de la marche du TGV. Il allume une lampe de poche pour éclairer un document placé devant lui.

- 4) **Prévision d'après la relativité galiléenne** : si on étend le principe de relativité galiléenne à la lumière, à quelle vitesse la lumière émise par la lampe se propage-t-elle par rapport au TGV ? Par rapport au sol ?
- 5) Expliquer pourquoi la réponse précédente n'est pas compatible avec la théorie de l'électromagnétisme de Maxwell.

Regardez maintenant la vidéo "composition des vitesses" pour faire le point.

2^{ème} partie : L' hypothèse d'Einstein et la dilatation du temps.

Einstein énonça en 1905 un postulat qui allait bouleverser la physique :

Le postulat d'Einstein (1870 – 1952) :



« La vitesse de la lumière est une constante absolue. Elle se propage à la même vitesse: $c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pour tous les observateurs. »

Il en déduit que si la vitesse de la lumière est la même dans tous les référentiels, la mesure du temps n'est plus la même pour tout le monde... Il en déduit les formules dites de Lorentz :

$$\Delta t_m = \gamma \times \Delta t_0 \quad \text{avec} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Temp^s mesuré par un observateur quelconque (temps mesuré) Temps mesuré par un observateur située dans le même référentiel que le phénomène observé (temps propre) Vitesse de la lumière dans le vide Vitesse relative entre les deux référentiels.

Pour mieux comprendre ces formules, observez d'abord la vidéo « dilatation du temps » puis répondez aux questions suivantes

Un rayon lumineux (de vitesse c) est émis à bord d'un train qui roule à une vitesse v et parcourt une distance h pour aller d'un miroir à l'autre. Cet intervalle de temps est mesuré à bord du wagon (appelé durée propre : Δt_0) et par un observateur qui regarde le train passer depuis la gare (durée mesurée : Δt_m).

► Questions :

- 1) A l'aide de l'animation, montrez sans calcul que le postulat d'Einstein implique que **les temps mesurés par les deux observateurs ne sont pas les mêmes.**

Retrouvons ce résultat en suivant le raisonnement suivant :

- 2) Ecrire h en fonction de Δt_0 (dans le référentiel du wagon) et de c . Expliquez pourquoi Δt_0 est qualifié de **temps propre**.

- 3) Exprimez AB^2 dans le triangle rectangle $AA'B$.

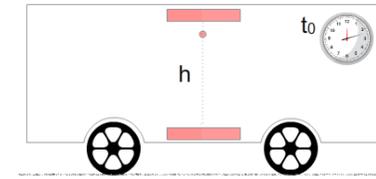
- 4) Exprimez AA' en fonction de Δt_m (dans le référentiel de la gare) et de v .

- 5) Remplacez les expressions de AA' et de h dans celle trouvée à la question 3)

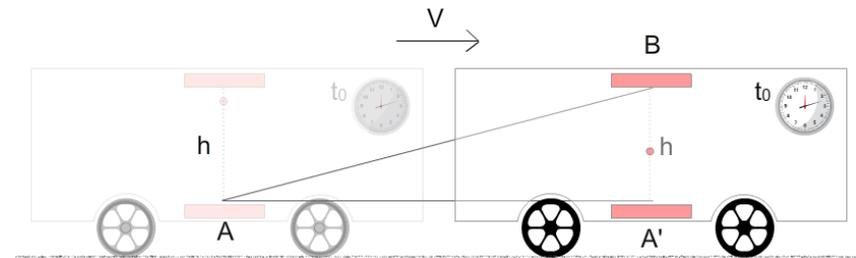
- 6) Postulat d'Einstein : **LA VITESSE DE LA LUMIERE EST LA MEME VUE DU WAGON ET DE LA GARE**. Utilisez ce postulat pour exprimer c en fonction de Δt_m .

- 7) Elevez cette expression au carré, puis remplacez l'expression de AB^2 par celle trouvée au 4).

- 8) En déduire l'expression de Δt_m en fonction de Δt_0 .



Référentiel du train



Référentiel du quai

L'essentiel à retenir:

- RELATIVITE:

- 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.