

Semaines 12

16 et 17 mai 2024

3. La relativité restreinte

3.1 Introduction

3.1.1 Relativité galiléenne

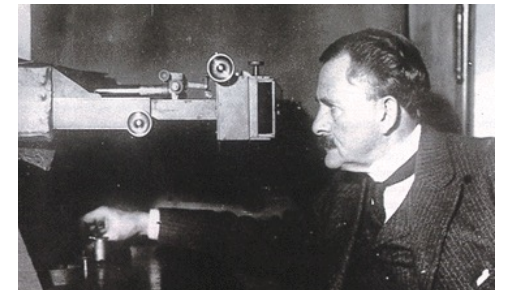
3.1.2 Difficultés liées à la relativité galiléenne et la vitesse de la lumière

3.1.3 L'expérience de Michelson et Morley

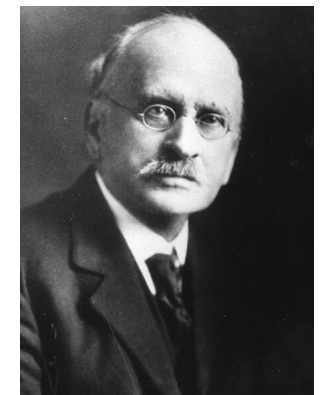
3.1.4 Principes de la relativité restreinte

3.1.5 Conséquences des principes de la relativité restreinte

Série 11



Albert A. Michelson
(1852–1931)



Edward W. Morley
(1838–1923)

3. La relativité restreinte

3.1 Introduction

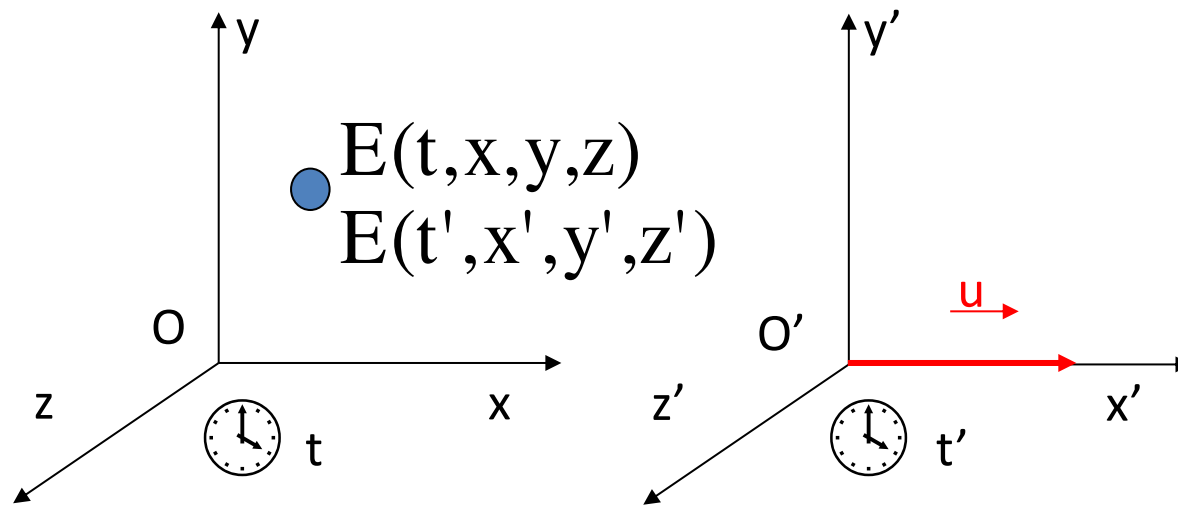


3.1.1 Relativité galiléenne

Absolute, true and mathematical time, of itself, and from its own nature flows equably without regard to anything external, and by another name is called duration....

Absolute space, in its own nature, without regard to anything external, remains always similar and immovable...

Sir Isaac Newton, Philosophiae Naturalis
Principia Mathematica, 1687



$$\begin{aligned} t' &= t \\ x' &= x - ut \\ y' &= y \\ z' &= z \end{aligned}$$

transformation
de Galilée

3.1.2 Difficultés liées à la relativité galiléenne



James C. Maxwell
(1831–1879)

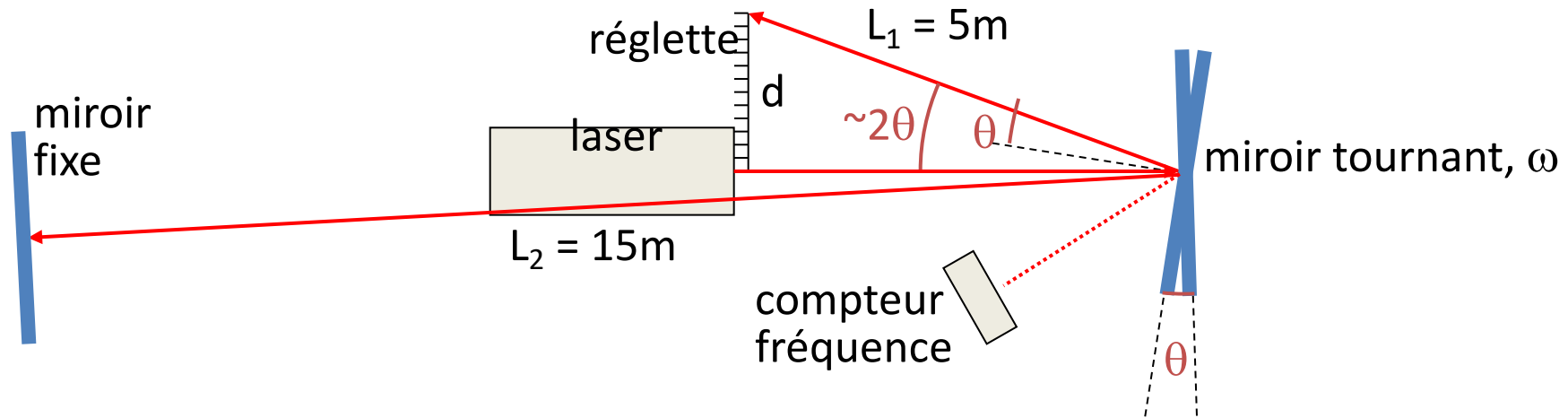
1) Force de Lorentz

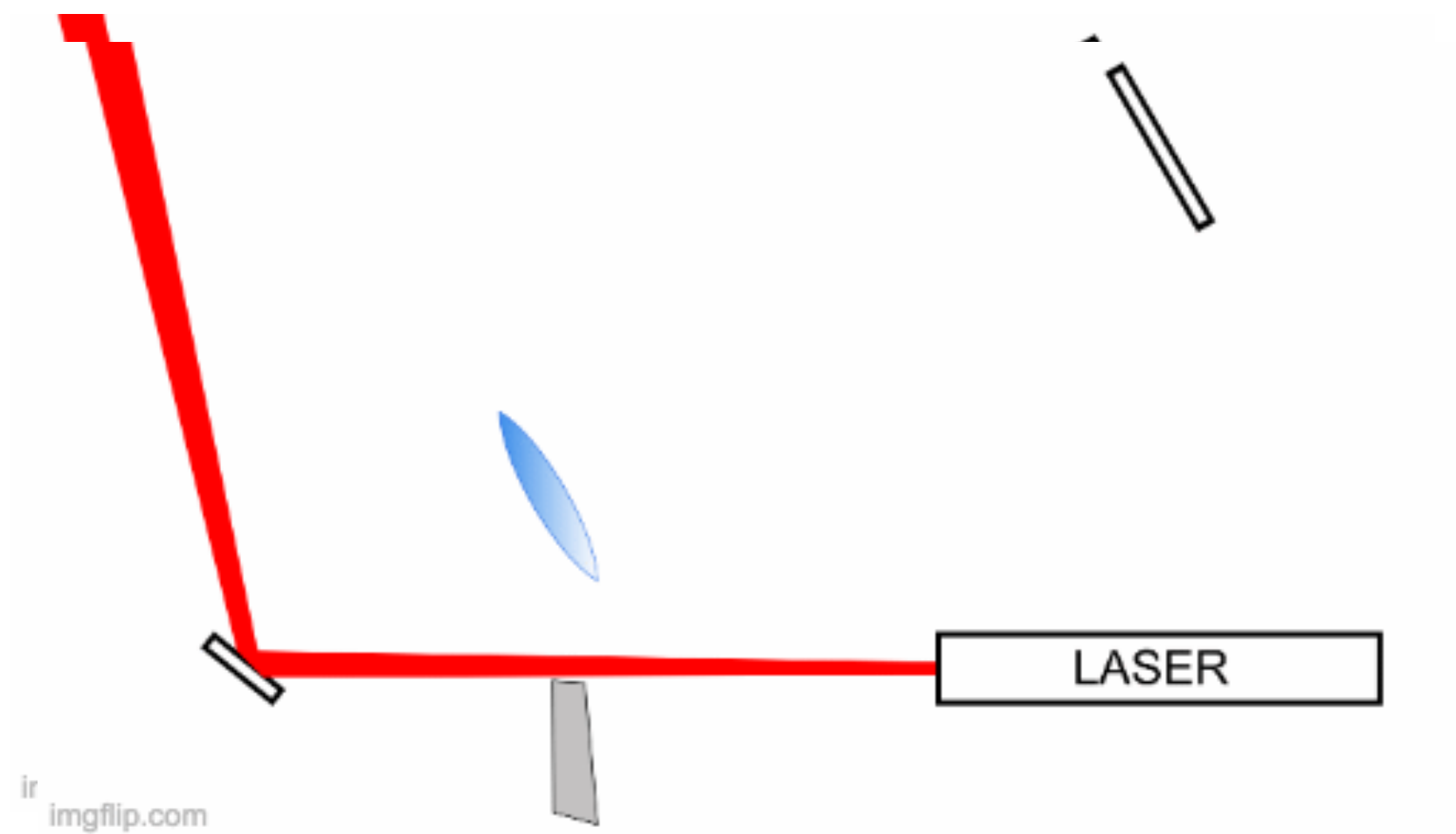
$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

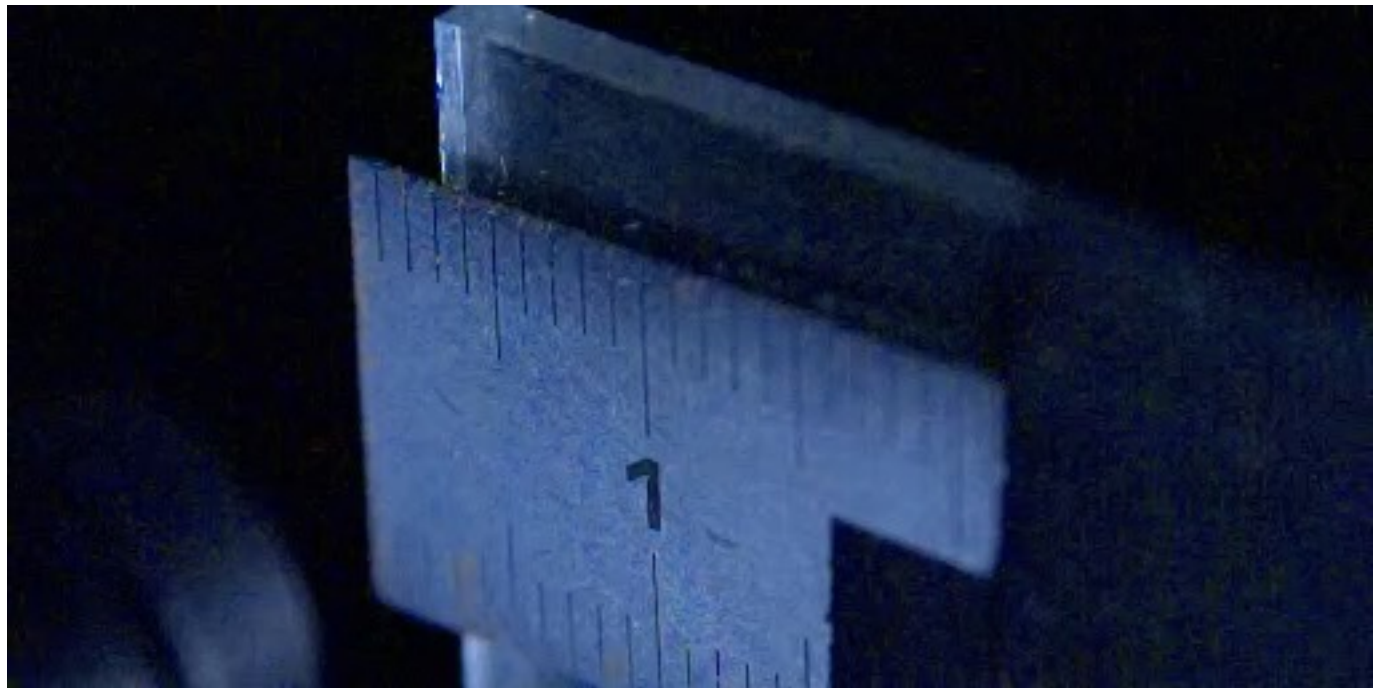
2) Vitesse de la lumière

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \cong 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

La mesure de la vitesse de la lumière

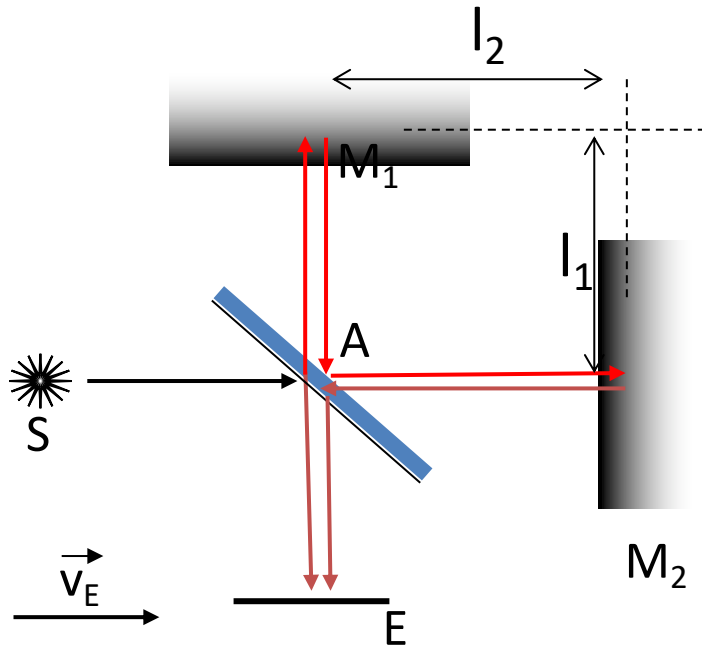




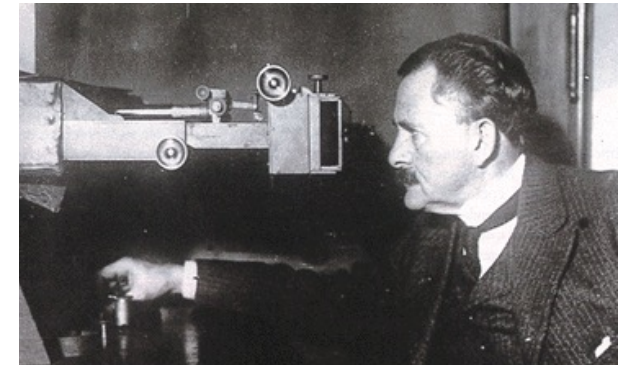
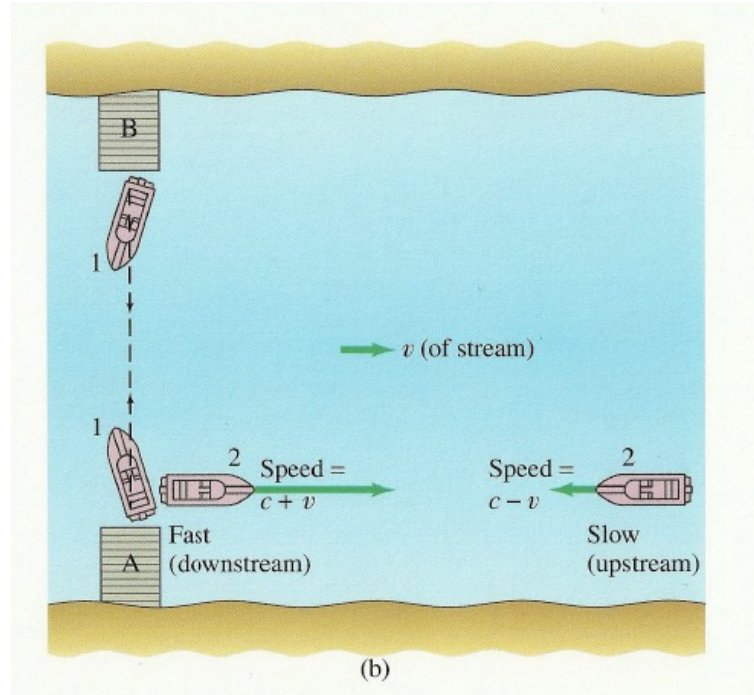


3.1.3 Une possible solution: l'éther.

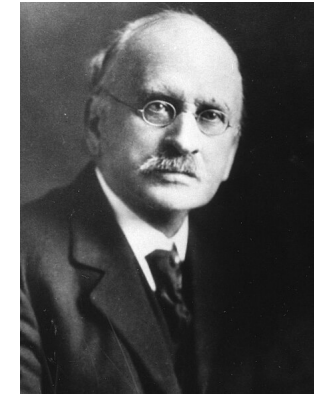
L'expérience de Michelson et Morley



(vue de
dessus)



Albert A. Michelson
(1852–1931)



Edward W. Morley
(1838–1923)

3.1.4 Principes de la relativité restreinte



Les postulats de la relativité restreinte

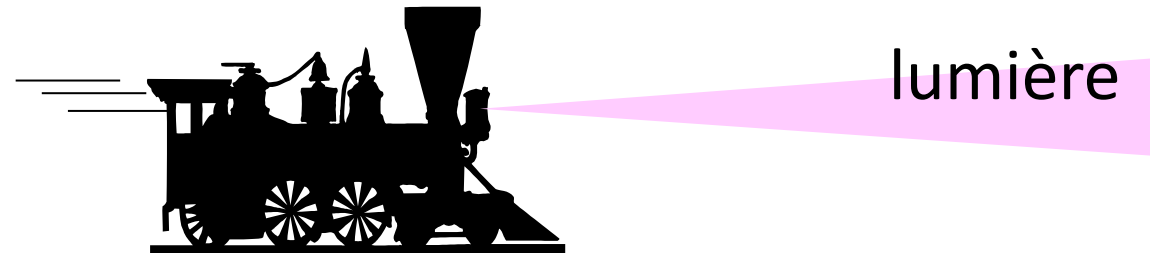
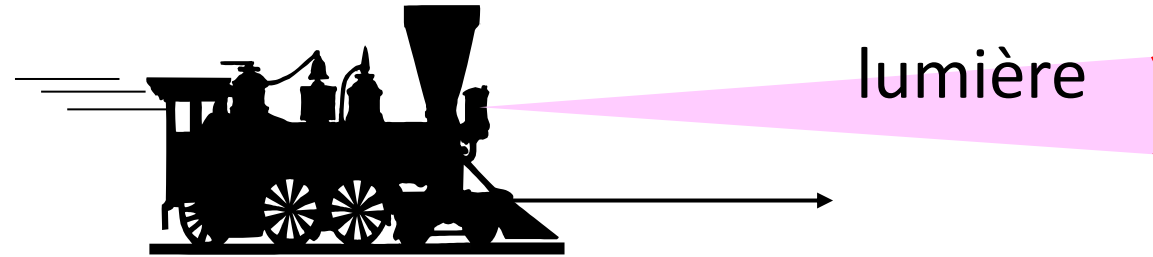
1^{er} postulat

Les lois de la physique sont les mêmes dans tous les référentiels d'inertie

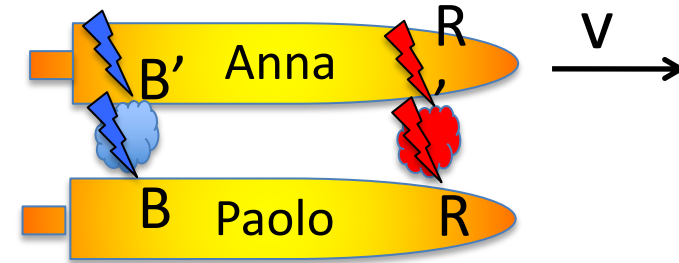
2^{ème} postulat

La vitesse de la lumière dans le vide, c , est indépendante du référentiel (observateur) et du mouvement de la source

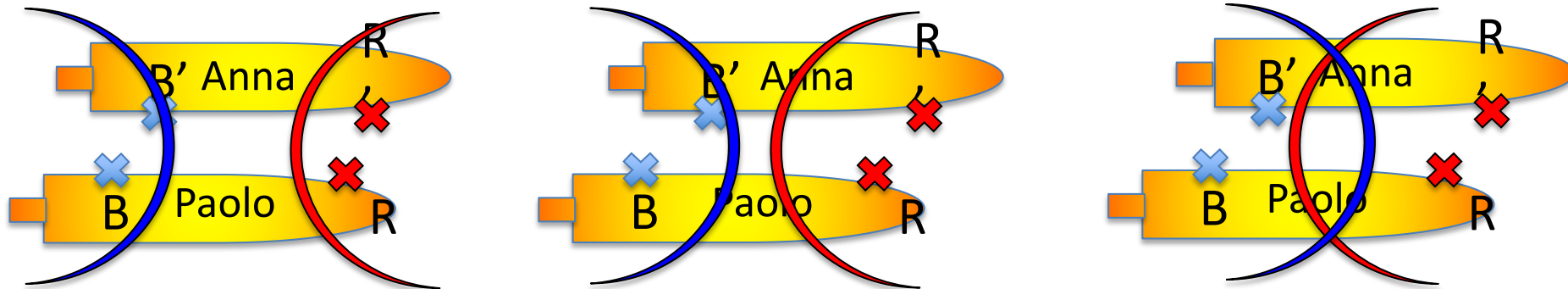
3.1.5 Conséquences des principes de la relativité: addition des vitesses



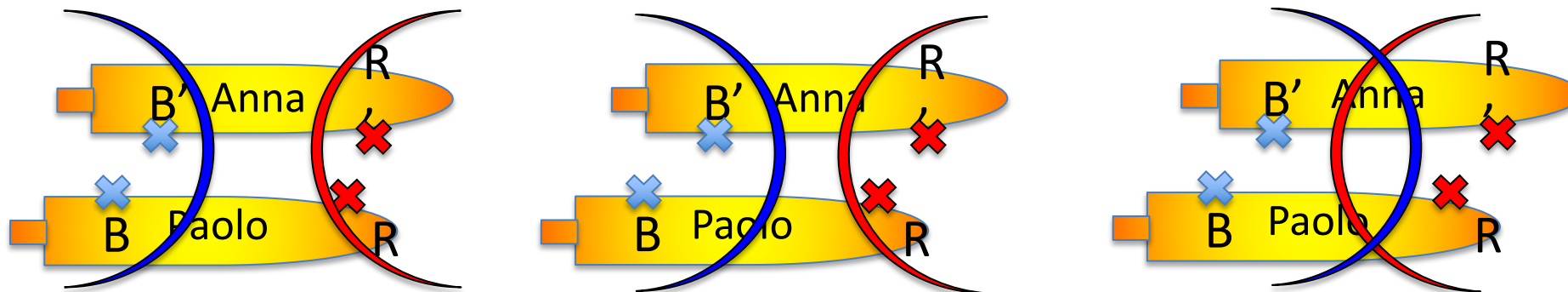
3.1.5 Conséquences des principes de la relativité: simultanéité



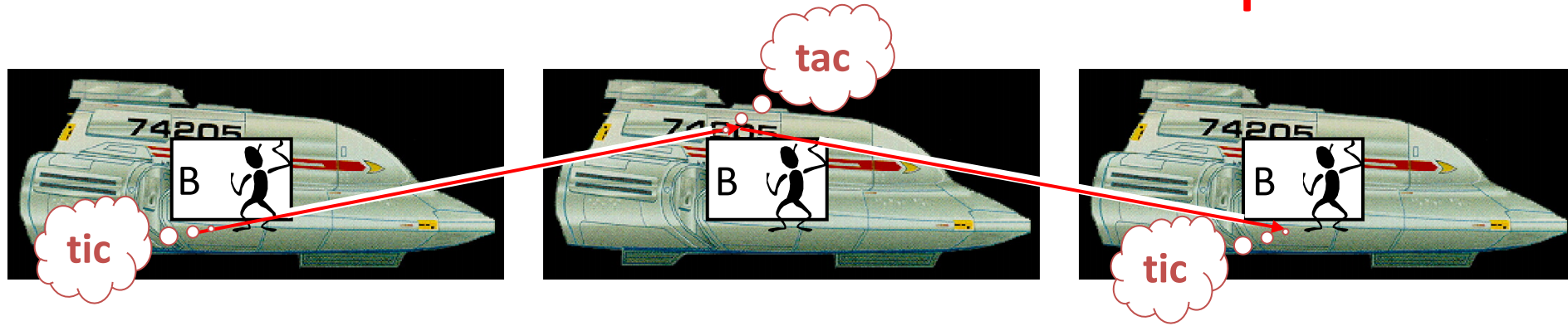
Référentiel de Paolo:



Référentiel de Anna:

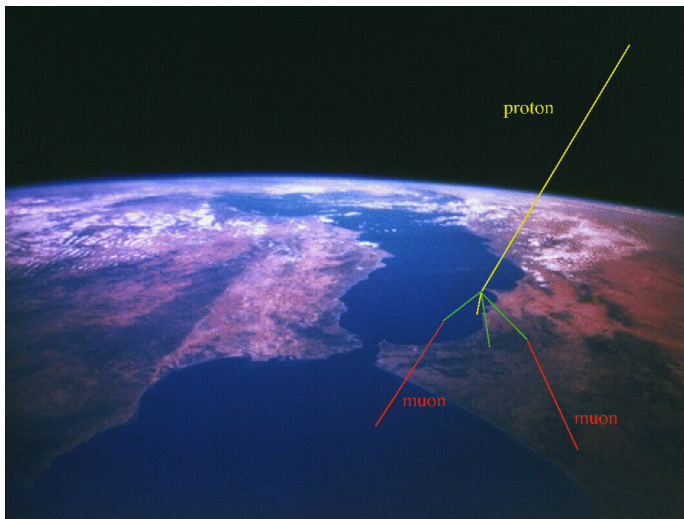


3.1.5 Conséquences des principes de la relativité: dilatation du temps



Applications...

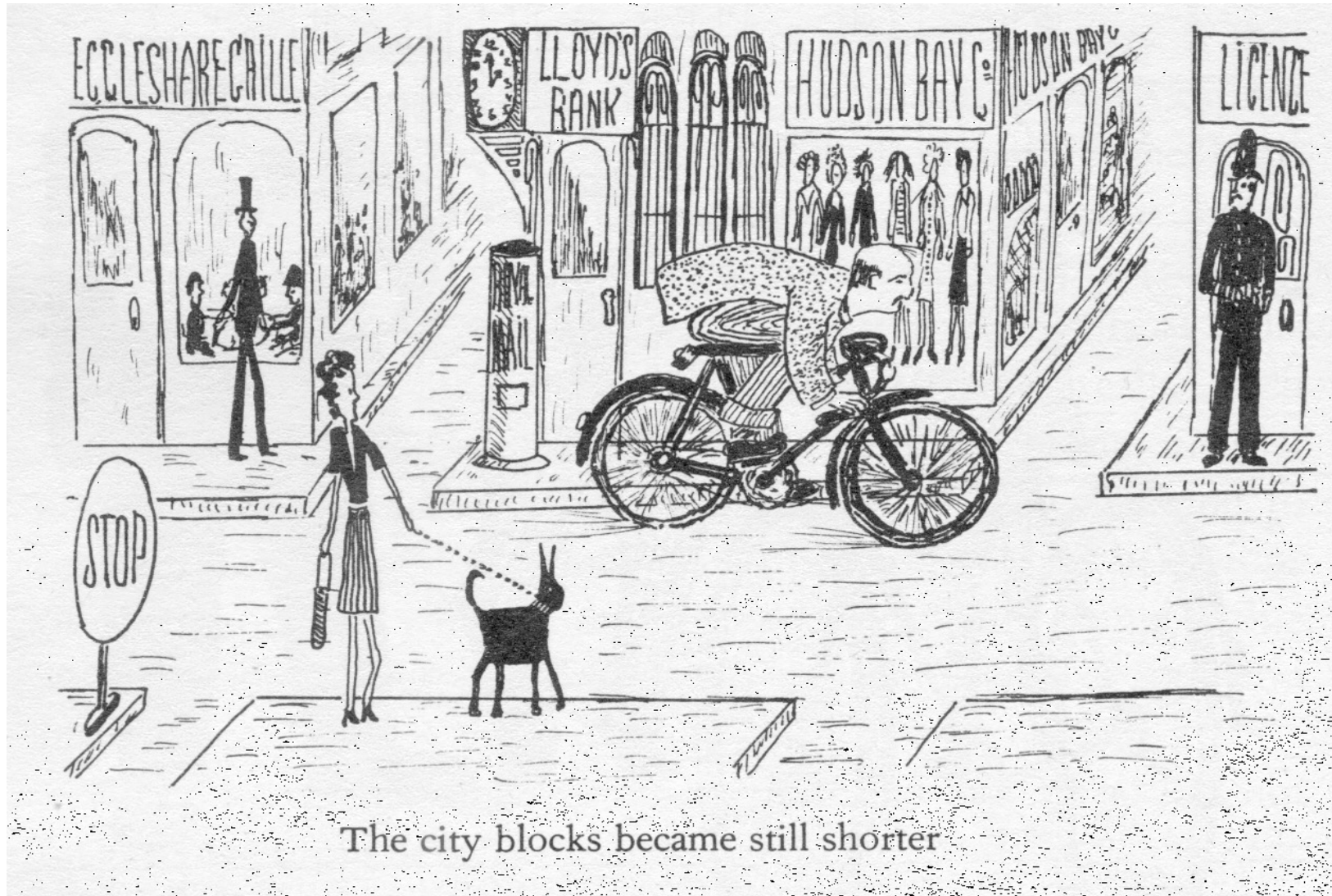
Muons:



Jet:



3.1.5 Conséquences des principes de la relativité: Contraction des distances



Série 11

Série 11 : Relativité restreinte : Contraction des longueurs et dilatation du temps

1 Invariance des équations de Maxwell, partie 1

Note : La deuxième partie de cet exercice sera proposée comme exercice dans la série de la semaine prochaine.

Dans cet exercice, on se propose de trouver quelle transformation laisse l'équation d'onde des champs électromagnétiques invariante. En définissant l'opérateur d'Alembertien $\square = \partial^2 / \partial (ct)^2 - \nabla^2$, l'équation d'onde s'écrit :

$$\square \vec{E} = 0 \quad \text{et} \quad \square \vec{B} = 0$$

- On commence par supposer un référentiel $\mathcal{R}'$ en mouvement rectiligne uniforme le long de l'axe $\vec{e}_x$ de vitesse v par rapport à un référentiel $\mathcal{R}$ supposé au repos. En utilisant les transformations galiléennes, réécrivez les équations d'onde électromagnétiques en termes des coordonnées $(t', \vec{x}')$ de $\mathcal{R}'$.
- Conclure qu'il est impossible de réécrire les champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ de sorte à ce que l'équation d'onde soit invariante. On supposera que seul les transformations linéaires des champs électromagnétiques du type $\vec{E}' = C\vec{E}$ sont possibles.

2 Fusée relativiste

Un observateur S est sur une plateforme de longueur $D_0 = 65 \text{ m}$, dans une station spatiale. Une fusée passe à une vitesse relative $u = 0.8c$ parallèle au côté de la plateforme. L'observateur S remarque qu'à un certain instant, l'avant et l'arrière de la fusée passent simultanément en face des deux extrémités de la plateforme.

- Selon S , quel est le temps mis par la fusée pour passer en face d'un point donné de la plateforme ?
- Quelle est la longueur propre L_0 de la fusée ?
- Pour un observateur S' se situant dans la fusée, quelle est la longueur D de la plateforme ?
- Pour S' , combien de temps cela prend-il pour que l'observateur S passe d'un bout à l'autre de la fusée ?
- Selon S , les deux extrémités de la fusée s'alignent simultanément avec les deux extrémités de la plateforme. Ces deux événements sont-ils également simultanés pour S' ?

3 Cinématique relativiste

Une barre de longueur l voyage dans la direction Ox à une vitesse v par rapport à un référentiel R . Dans son référentiel propre R' , cette barre est inclinée d'un angle θ_0 par rapport à l'axe Ox . Quelle doit être sa vitesse pour que dans R , elle ait un angle d'inclinaison $\theta = \frac{\pi}{4}$?