Test pour voir le timing de 40'.

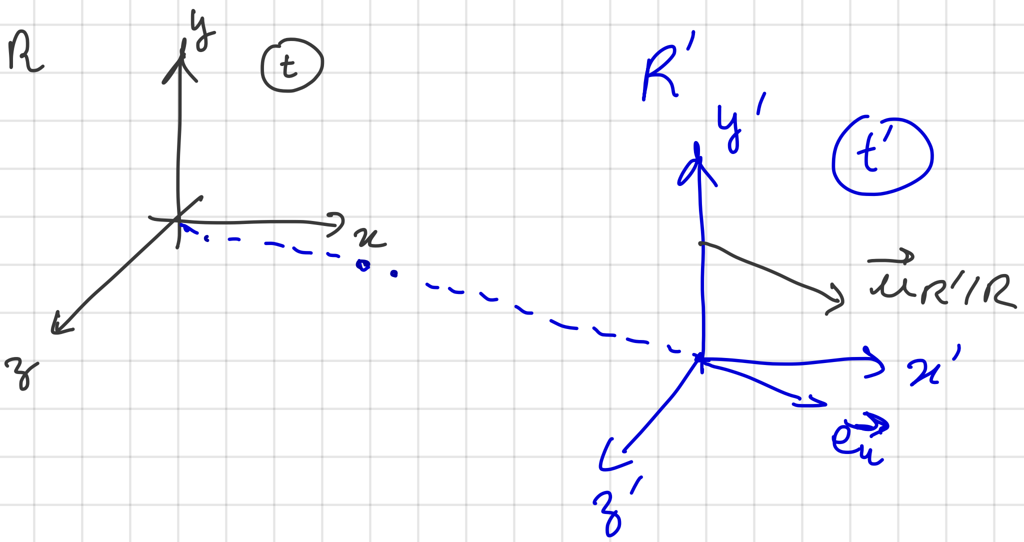
I. Introduction

1. Ppe de relativité de lois physiques

* les lois physiques sont invariantes vis à vis des transformations suivantes :

- $\vec{T}$
- rot
- $\hat{T}_t$
- SP
- CRG ⃗

2. Non invariance de l'équat° d'onde par TG.



Dans R : $\Box f = 0$ avec $\Box = -\frac{1}{c^2}\partial_t^2 + \Delta$

dans R' ?

$\rightarrow$ $\partial_{t'}$ et $\vec{\nabla}' = ?$

Exo : le faire, ou franme. $\partial_t' = \partial_t + \vec{u}\cdot\vec{\nabla}'$

$\vec{\nabla}' = \vec{\nabla}$

→ exo : déterm $\square' f$.

→ $\square' f \neq 0$

→ N. C. de $\square f = 0$.

3. Deux solutions

Ou : $\exists$ réf. privilégié → c pour les phéno EM

Ou : les EM sont invariantes par CRG

→ c est invariant par CRG

→ refonder la "TG"

II. Expérience de M & M

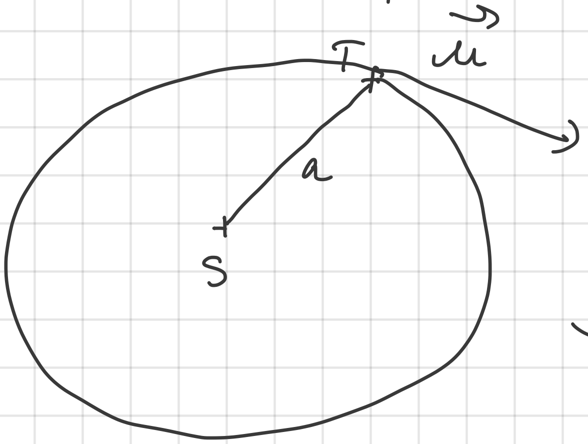
1. Qques notions sur l'éther

2. Présentat° de l'exp

Finalité : mettre en évidence mvt de R'/R

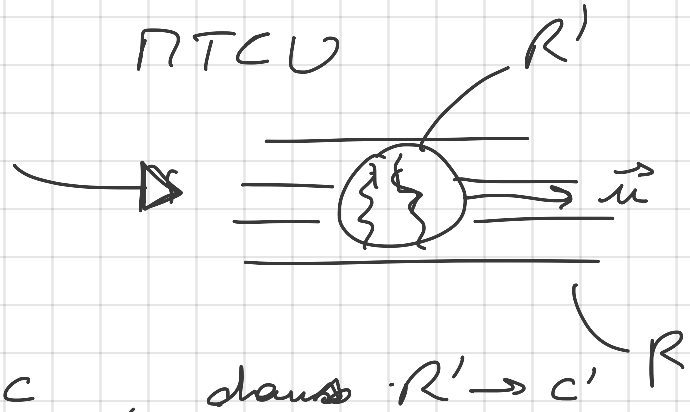
Terre (R') éther (R)

cadre théorique :



$\|\vec{u}\| = 30 km/s$

MTCU



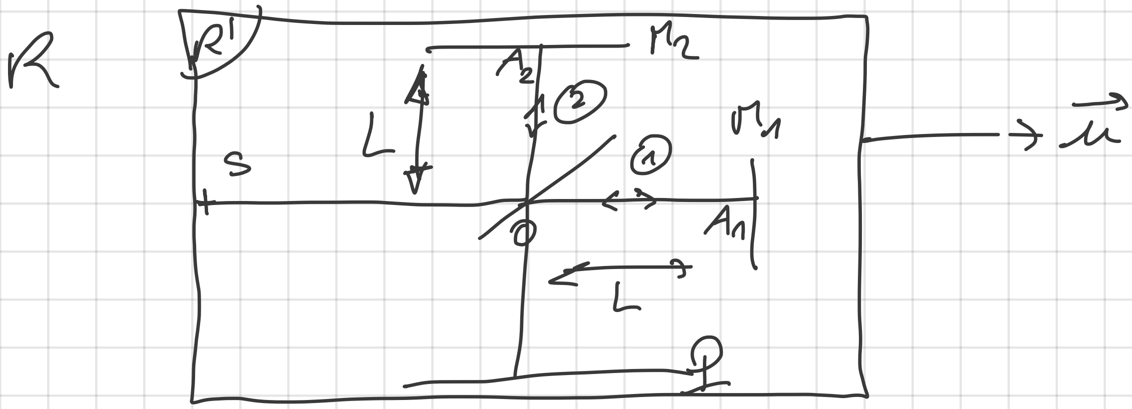
- Dans R → c , dans R' → c'
- Soit $\vec{e_n}$ dir de prop. d'un rayon lum.
- Soit $\vec{u}_{R'/R} = \vec{u} = \text{cte}$

TG $\Rightarrow \quad \vec{c'} = c\vec{e_n} - \vec{u}$

$\Rightarrow c' = f(\vec{e_n}, \vec{u})$

$\Rightarrow \Delta\tau$

3. Délai entre les 2 bras



Sur le trajet ①

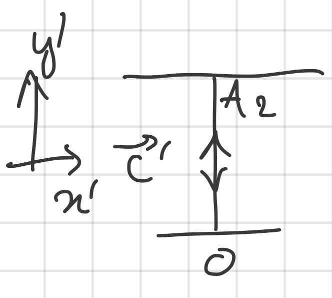
TG $\Rightarrow \vec{c'}_{aller} = c\,\vec{e}_{x'} - u\,\vec{e}_{x'} \Rightarrow c'_{aller} = c-u$

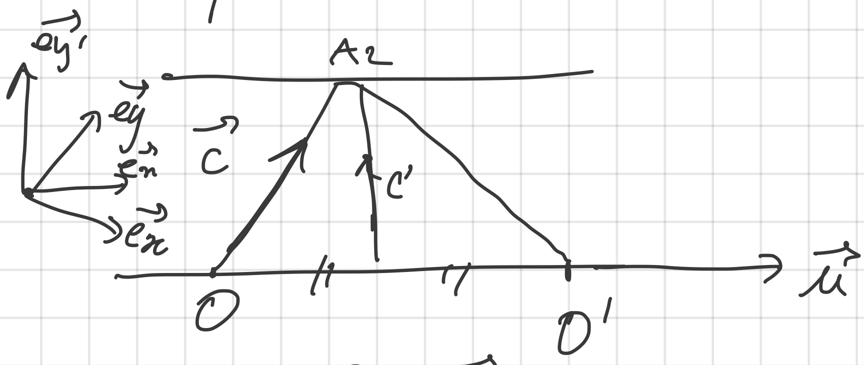
TG $\Rightarrow \vec{c'}_{retour} = -c\,\vec{e}_{x'} - u\,\vec{e}_{x'} \Rightarrow c'_{retour} = c+u$

$$\tau_{①} = \tau_{\parallel} = \frac{L}{c-u} + \frac{L}{c+u} = \frac{2L/c}{1-\beta^2} \quad , \ \beta = u/c$$

Sur le trajet ②

$\vec{c}$ et $\vec{c'}$ ne sont plus colinéaires





TG ⇒ triangle des vitesses $\quad \vec{c} = \vec{c'} + \vec{u}$

$\Rightarrow c'^2 = c^2 - u^2$ (aller et retour)

$c'^2_{aller} = c'^2_{retour} = c^2(1-\beta^2)$

$$\tau_{\perp} = \frac{2L/c}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad , \ \beta = u/c$$

De là : $\Delta\tau := \tau_{//} - \tau_{\perp}$, devient

sacht $\beta \ll 1$ (1850 Fizeau $\rightarrow c$)

$c \sim 10^8$ $u \sim 10^4$ $\rightarrow \beta = 10^{-4}$

$$\boxed{\Delta\tau = \frac{L}{c}\beta^2 + o(\beta^2)} \quad (15)$$

AN : $L \sim 1m$ $c \sim 10^8$ $u \sim 10^4$

$\rightarrow \Delta\tau \sim 10^{-16} s$ (0,1 fs)

on ne peut mesurer $\Delta\tau$ directement

$\longrightarrow$ méthode interf.

- Pour s'affranchir de $OA_2 \neq OA_1$

$\rightarrow$ rot($\pi/2$) de l'interf.

- Pour augmenter L on multiplie les réflexions dans les bras avant de les recombiner.

4. Décalage des franges

$\Delta t \longrightarrow$ déc. f. i.

On note p l'ordre d'interf. géo.
(Michelson. $p = 2\alpha \frac{x}{\lambda}$, x coord de P)
angle du coin d'air

en x de P , $\forall t$

$$E_2 = \underline{A}_0 \, e^{i(2\pi p - \omega t - \omega \Delta \tau)}$$

$$E_1 = \underline{A}_0 \, e^{-i\omega t}$$

L'intensité détectée vaut alors

$$I = I_0 \left[1 + \cos(2\pi p') \right]$$

$$p' = p - \frac{\omega}{2\pi} \Delta \tau = p - \frac{c}{\lambda} \Delta \tau$$

Lorsque rot($\pi/2$)

① $\longrightarrow$ ② et ② $\longrightarrow$ ①

$\parallel \longrightarrow \perp$ $\quad\quad$ $\perp \longrightarrow \parallel$

$$\Leftrightarrow \Delta \tau^{\pi/2} = - \Delta \tau$$

$$p' \longrightarrow p'' = p - \frac{c}{\lambda} \Delta \tau^{\pi/2} = p + \frac{c}{\lambda} \Delta \tau$$

Si δN nbre de inter. :

$$\delta N = p'' - p' = 2\,\frac{c}{\lambda}\,\Delta\tau$$

avec (15)

$$\underline{\delta N = \frac{2L}{\lambda}\beta^2 + o(\beta^2)} \quad (22)$$

AN : $L = 11\ \text{m}$ $\quad \lambda = 550\ \text{nm}$ $\quad u = 30\ \text{km/s}$

$$\delta N = 0{,}4$$

Or M&M peuvent détect $\delta N_{res} = 0{,}02$

$\Rightarrow$ OK.

5. Résultats et conclusions historiques

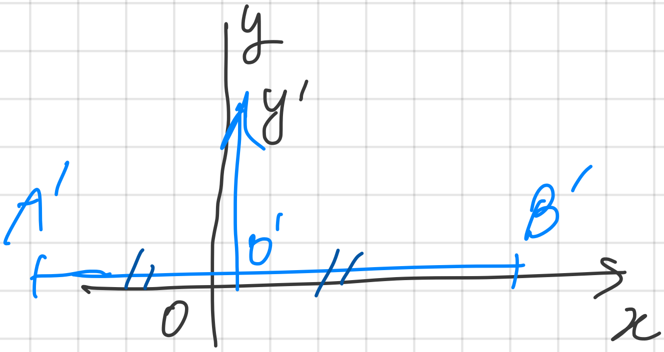
$$\delta N_{th} / \delta N_{obs} \simeq 1{,}25 \cdot 10^{-2} \ldots$$

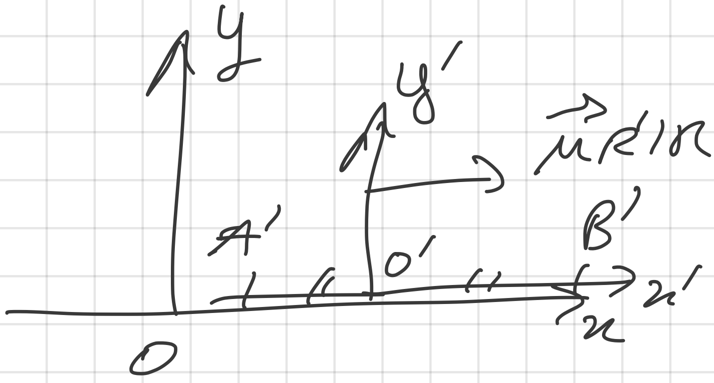
→ option 1 : nvelle cinématique

III. Construct° d'une nvelle cinématique.

① $\Rightarrow$ invariance de c par CRG

↳ 1. Abandon de la not° de tps absolu





qd $O = O'$, O et O' voient A' et B' s'allumer en m̂ tps.

- O' $\quad t'_{A'} = t'_{B'}$ tjrs vrai
- pour O $\quad \vec{u}_{R'/R} \Rightarrow OA' \neq OB'$

or c invariant $\Rightarrow t_{A'} = t_{B'}$

$\Rightarrow$ relativité de la simultanéité.

2. Rechercher une nouvelle TG

R et R' en MTRU

$$(x, y, z, t) \overset{\Lambda^{-1}}{\underset{\Lambda}{\longleftrightarrow}} (x', y', z', t')$$

tq $\Box f = \Box' f = 0$

(→ Voigt 1887)

hypothèses :

H0 : $\vec{u}_{R'/R} = \text{cste}$, $\vec{u} = u \underbrace{\vec{e_x}}_{=\vec{e_{x'}}}$

H1 : e.-t. homogène

H2 : $t = t' = 0 \oplus tt' \geqslant 0$

H3 : $t \neq t'$ en général

H4 : c inva

H5 : esp. isotrope. c ne dépend pas de la dir.

H1 $\Rightarrow$ Λ linéaire

H0, + H2 $\Rightarrow$ Λ = TLRS est de la forme

$$\begin{cases} x' = a_1 x + a_2 t \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

$(a_i)_i$.

on trouve

TLRS $$\begin{cases} x' = \Gamma(x - ut) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \Gamma\left(t - \frac{\beta x}{c}\right) \end{cases}$$

$u \to -u$

$R' = f(R) \quad R = f(R')$

avec TLRS $\Box' f = 0$

à faire.

3. Loi de composition des vitesses

$$\vec{r_\perp}' = \vec{r_\perp}$$
$$\vec{r_\parallel}' = \Gamma(\vec{r_\parallel} - \vec{u}t)$$
$$t' = \Gamma\left(t - \frac{\vec{\beta}\cdot\vec{r}}{c}\right)$$

$$\vec{r}' = \ldots$$

$$\frac{d\vec{r}'}{dt} =$$

or $\dfrac{dt}{dt'} =$

$\Rightarrow \vec{V}' =$

1) est-ce que TG dans une certaine limite?

Si $\beta \ll 1$ $\quad \Gamma = 1 + o(\beta)$ et $\left(1 - \frac{\vec{\beta}\cdot\vec{V}}{c}\right)^{-1} = \ldots$

$$\vec{V}' = (\vec{V} - \vec{u})\left(1 + \frac{\vec{\beta}\cdot\vec{V}}{c}\right)$$

$$\Rightarrow \vec{V}' = (\vec{V} - \vec{u}) + \left(\frac{\vec{\beta}\cdot\vec{V}}{c}\right)\vec{V} + o(\beta)$$

OK en $O(\beta)$

2). Est-ce que invar c

oui par on peut mq:

$$1-\left(\frac{v'}{c}\right)^2 = \frac{\left(1-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right)\left(1-\beta^2\right)}{\left(1-\frac{\vec{v}\cdot\vec{\beta}}{c}\right)^2}.$$

si $v = c \Rightarrow v' = c$

$v' = c \Rightarrow v = c.$