Cinématique relativiste (L3)

Relativité de la simultanéité

<u>Paradoxe d'Einstein</u> (voir LanLif p10, Théorie des chps)

- On considère 2 RG : R' et R de syst d'axes //
- R' se déplace p/r à R suivant : $+\vec{e_x}$, et : $\vec{e_x} = \vec{e_{x'}}$.
  en MTRU à la vitesse : $\vec{u_{R'/R}} = \vec{u} = \vec{cste}$.
- On considère qu'un signal est émis en A' point de R' dans les 2 directions $\vec{e_{x'}}$ et $-\vec{e_{x'}}$. On considère deux points $B'(x'_{B'} = x'_{A'} - \frac{L}{2})$ et $C'(x'_{C'} = x'_{A'} + \frac{L}{2})$ de R', équidistants de A'.
- Le signal est émis avec une vitesse c indépendant de la direction de propagation, et invariante d'un réf. gal. à un autre. (← option ① de ma leçon)

Q 1. Est-ce que les arrivées du signal en B' et C' sont simultanées dans R' ? et dans R ? Conclure.

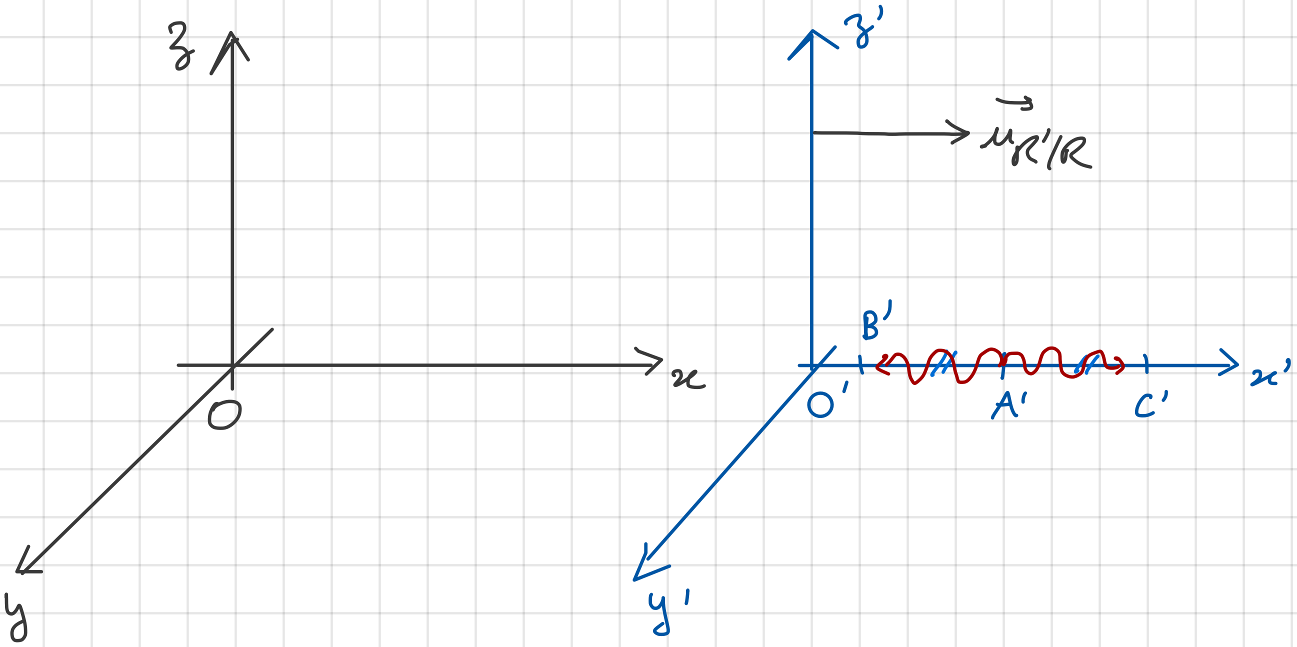
Q 2. Vérifier quantitativement les résultats de la Q1 en appliquant la TLRS.

<u>Savoirs et techniques en jeu</u>

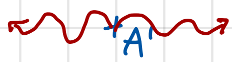
- pour la Q2 TLRS $t' = \Gamma\left(t - \frac{u}{c^2}x\right)$ et vis-versa

Q1 Soit 2 référentiels galiléens R et R' ayant respectivement pour axes de coordonnées xyz et $x'y'z'$.

R' est en MTRU selon $+\vec{e_x} = \vec{e_{x'}}$



On considère qu'un signal est émis depuis A' suivant les deux sens de x' à la vitesse finie c.



Définissons les évènements :

$E_{B'}$: arrivée du signal en B'

$E_{C'}$: arrivée du signal en C'

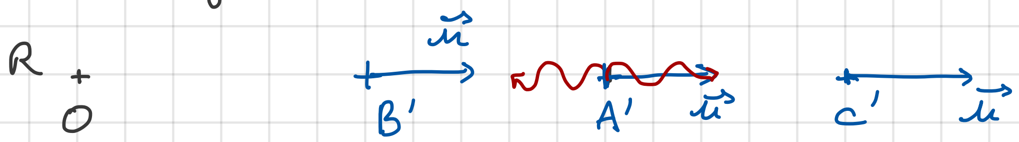
Est-ce que ces 2 évènements sont simultanés dans R et R' ?

→ Dans R', puisque $B'A' = A'C'$ et que la célérité c est indépendante de la direction de propagation les signaux émis de A' parviendront simultanément en B' et C', points de R'. $\frac{B'A'}{c} = \frac{A'C'}{c} \Rightarrow t'_{B'} = t'_{C'}$

→ Dans R, le signal voyage aussi à c (invariance de c par CRG)

(on ne fait pas de TG avec c !)

or dans R, B' se dirige vers le signal et C' le fuit :



⇒ dans R le signal arrive en B' avant d'arriver en C'

(L'émission a lieu disons à $t_{A'}$ dans R,
durant $t_{A'} + dt$, | B' s'est rapproché du signal de $u\,dt$
| C' s'est éloigné de $u\,dt$)

càd que $\boxed{t_{B'} < t_{C'}}$

On conclut que 2 évènements simultanés dans R' peuvent ne pas l'être dans R

⇒ <u>relativité de la simultanéité</u>

↳ nécessité d'abandonner <u>l'étiquettage temporel absolu</u> ($t'_{B'} \neq t_{B'}$), chaque référentiel dispose de son propre étiquettage "t" pour dater les évènements.

Q2 Vérification quantitative

Posons $x'_{B'} = x'_{A'} - \frac{L}{2}$; $x'_{C'} = x'_{A'} + \frac{L}{2}$

$t'_{B'} = t'_{C'}$

Que vaut $t_{B'}$, $t_{C'}$?

(TLRS) $\Rightarrow \begin{cases} t_{B'} = \Gamma\left(t'_{B'} + \frac{u\,x'_{B'}}{c^2}\right) \\ t_{C'} = \Gamma\left(t'_{C'} + \frac{u\,x'_{C'}}{c^2}\right) \end{cases}$

$$\Rightarrow \quad t_{C'} - t_{B'} = \Gamma\left(\frac{u}{c^2}\left(x'_{C'} - x'_{B'}\right)\right) = \frac{\Gamma u}{c^2} \cdot L > 0$$

$$\Rightarrow \boxed{t_{C'} > t_{B'}}$$

OK :)