Résumé C1 : Relativité restreinte

1. *Postulats d'Einstein :*

1) Les lois de la physique sont les mêmes dans tous les référentiels galiléens (inertiels).
2) La vitesse de la lumière dans le vide est la même quelle que soit la vitesse de la source ou de l'observateur galiléen.

CONSÉQUENCE:

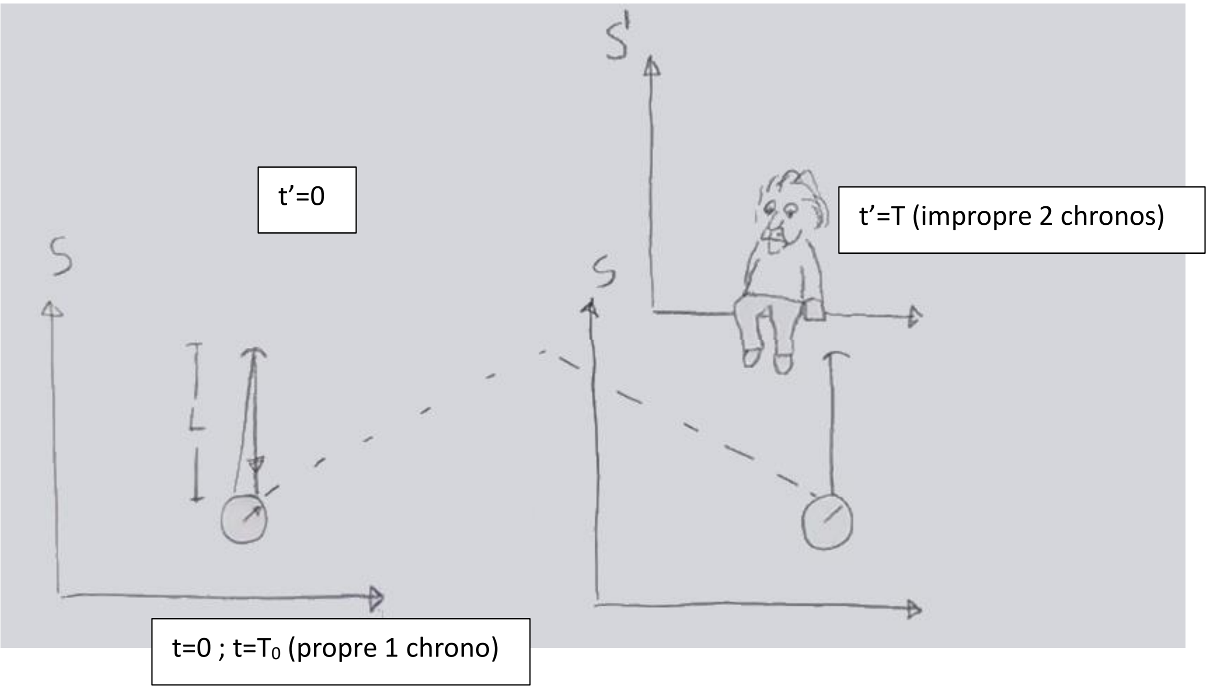
Deux évènements simultanés pour un 1er observateur mais séparés dans l'espace dans la direction du mouvement ne restent pas simultanés pour un 2e observateur en mouvement rapide.

Les horloges restant synchrones et les longueurs inchangées dans la direction perpendiculaire au mouvement relatif.

2. *Dilatation du temps*

Horloge d'Einstein = tube de longueur L perpendiculaire au mouvement relatif v dans lequel la lumière fait des allez-retour (tic-tac)

T = temps impropre mesuré par un observateur S' qui voit l'horloge en mouvement



T_0 = temps propre mesuré par un observateur S au repos par rapport à l'horloge

Pythagore :

$\frac{c^2 \cdot T^2}{2^2} = \frac{c^2 \cdot {T_0}^2}{2^2} + \frac{v^2 \cdot T^2}{2^2}$ $T^2 \cdot (c^2 - v^2) = c^2 \cdot {T_0}^2$ $T^2 \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = {T_0}^2$	$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} > T_0$ (dilatation T) Coefficient de Lorentz : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

3. Contraction des longueurs

L_0 = longueur au repos mesurée par un observateur S au repos

L = longueur en mouvement mesurée par un observateur S' en mouvement par rapport à l'objet

Observateur S' en mouvement chronomètre la durée T_0 (= temps propre) avec 1 chrono à bord.

Observateur S au repos chronomètre le temps T (=temps impropre) avec 2 horloges en A et B.

S mesure la **longueur au repos : $L_0 = v \cdot T$** S' mesure la **longueur en mouvement : $L = v \cdot T_0$**

Comme $T = \gamma \cdot T_0$ on déduit : $L = v \cdot \frac{T}{\gamma} \Rightarrow$ $$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} < L_0$$ (contraction $L_{//}$)

AUGMENTATION MASSE EN MOUVEMENT

Les lois de la mécanique avec conservation de l'énergie ou conservation de la quantité de mouvement restent valablent pour un observateur en mouvement.

Einstein montre qu'il en résulte que la masse en mouvement m augmente avec la vitesse du corps.

Masse relativiste : $$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \cdot m_0$$ (augmentation m)

4. Equivallence entre masse et énergie totale

Si v augmente, l'énergie E du corps augmente de $\Delta E = Ecin$ et la masse m augmente de Δm.
Einstein montre que la variation d'énergie équivaut à une variation de la masse.

$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ vaut pour $\Delta E = E_{cin}$ et toute autre forme d'énergie

D'après Einstein si le corps a une masse au repos m_0, il a une

énergie au repos : $E_0 = m_0 \cdot c^2$

et l'énergie totale s'écrit : $E = m \cdot c^2 = \gamma \cdot E_0$

Rem : Un photon (cf. C2) n'a pas de masse au repos mais une énergie et une masse en mouvement à la vitesse c. Pour la

Calcul de l'énergie cinétique pour v> 0,1·c (relativiste)

Si on connait v en calcule $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ et puis $E_{cin} = E - E_0 = (\gamma-1)\cdot m_0 \cdot c^2$

Si on connait E_{cin} . On a $E = E_0 + E_{cin}$ et donc $\gamma = \frac{E}{E_0} = 1 + \frac{E_{cin}}{E_0}$

comme $\gamma^2 = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \Leftrightarrow 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{\gamma^2} \Leftrightarrow v = c \cdot \sqrt{(1 - \frac{1}{\gamma^2})}$

Exemple :

Déterminer la masse et la vitesse d'un proton qui a une énergie cinétique E_{cin} = 2000MeV.

Montrer que la formule classique donne un résultat faux. $E_{cin} = ½\, m\, v^2$ se limite à v< 0,1c !!

Quantité de Mouvement p et Relation entre E, E0 et p

$$E = \frac{E_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Leftrightarrow E^2 \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = E_0^2 \Leftrightarrow E^2 = E_0^2 + \frac{v^2}{c^2} \cdot (m \cdot c^2)^2$$

$\Leftrightarrow E^2 = E_0^2 + v^2 \cdot m^2 \cdot c^2$ avec quantité de mouvement p = m·v

$$\Leftrightarrow E^2 = E_0^2 + p^2 \cdot c^2$$

Pour un photon : $\mathbf{E_{photon} = p \cdot c}$ car m_0 et E_0 sont nulles.

Invariant relativiste :

$$E_0^2 = E^2 - p^2 \cdot c^2 = (m_0 \cdot c^2)^2$$

invariable pour la particule dans n'importe quel référentiel S car m_0 est typique pour la particule.