

FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES ET INFORMATIQUE

ÉPREUVE SEMESTRIELLE

MODULE : RELATIVITÉ RESTREINTE.

DURÉE : 01 Heure 30 Minutes.

EXERCICE 01: (06 points)

1. Ecrire la transformation de Lorentz réduite aux deux coordonnées (ct, x) du référentiel \mathcal{R} en fonction des coordonnées (ct', x') du référentiel \mathcal{R}' en translation uniforme d'une vitesse $\vec{v}_e = v_e \cdot \vec{e}_x$ par rapport à \mathcal{R} .
2. Définir la rapidité r_e , puis trouver la forme hyperbolique de la transformation de Lorentz.
3. Expliciter, en fonction de la rapidité r_e , les éléments de la matrice de Lorentz L définie par :

$$\begin{pmatrix} ct \\ x \end{pmatrix} = L \begin{pmatrix} ct' \\ x' \end{pmatrix}$$
4. Ecrire l'équation caractéristique donnant les valeurs propres de cette matrice. En déduire ces valeurs propres (en fonction de r_e).
5. Quelles sont les pentes des vecteurs propres correspondants à chaque valeur propre ? Commenter physiquement.

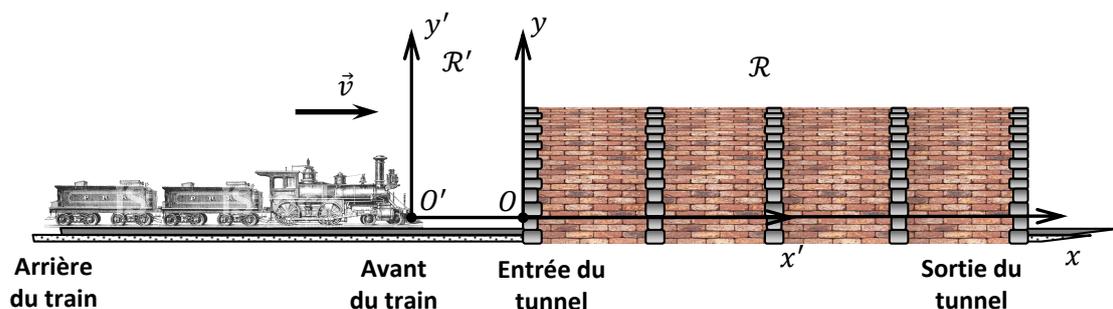
EXERCICE 02: (08 points)

Dans la figure ci-dessous, un train, de longueur propre $l_{\text{propre train}} = l$, est lié au référentiel \mathcal{R}' tel que l'origine O' se trouve à son extrémité avant. Ce train, animé d'une vitesse $\vec{v} = v \cdot \vec{e}_x$ constante par rapport au sol (référentiel \mathcal{R}), traverse un tunnel rectiligne de longueur propre notée $l_{\text{propre tunnel}} = 2l$ et dont l'entrée est liée à l'origine O .

On prend l'événement à l'origine des temps ($t_0 = t'_0 = 0$) : $E_0 =$ « L'avant du train entre dans le tunnel », et on note les événements suivants :

$E_1 =$ « L'arrière du train entre dans le tunnel » ; $E_2 =$ « L'avant du train sort du tunnel ».

Quand l'avant du train sort du tunnel (événement E_2), le conducteur se trouvant à l'avant envoie un signal lumineux vers l'arrière du train. On nomme l'événement $E_3 =$ « réception du signal lumineux par un passager à l'arrière du train ».



1. En utilisant la transformation de Lorentz, écrire les coordonnées des événements E_1 , E_2 et E_3 dans les référentiels \mathcal{R} et \mathcal{R}' en fonction de β, γ et l .
2. Calculer les carrés des intervalles espace-temps s_{12}^2 , s_{13}^2 et s_{23}^2 . Quels sont leurs genres ?
3. Pour quelle vitesse du train v les événements E_1 et E_2 sont simultanés dans \mathcal{R}' ?
4. Peut-on trouver une vitesse du train v , pour laquelle les événements E_1 et E_2 sont simultanés dans \mathcal{R} ? Pourquoi ?
5. Pour quelle vitesse du train v les événements E_1 et E_3 sont simultanés dans \mathcal{R}' ? Ces deux événements, sont-ils simultanés pour un observateur lié à \mathcal{R} pour cette vitesse du train ?
6. Pour cette dernière vitesse (question 5), quel est le rapport des fréquences $\alpha = f_{\text{ém}}/f_{\text{réc}}$ du signal lumineux émis par le conducteur et reçu par un observateur se trouvant au point O lié au référentiel \mathcal{R} ?

FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES ET INFORMATIQUE

ÉPREUVE SEMESTRIELLE

MODULE : RELATIVITÉ RESTREINTE.

Nom :

Prénom :

Questions de cours : (06 points)**Encercler la (les) lettre(s) correspondant à la bonne réponse :**

1. Je tombe à la verticale du haut d'un immeuble, je sors mes clefs et je les lâche devant moi sans vitesse initiale. Si les frottements avec l'air sont négligeables, alors le mouvement des clefs par rapport à moi (mon référentiel) est :
 - a. Rectiligne uniforme.
 - b. Rectiligne uniformément varié.
 - c. Projectile (arc de parabole).
 - d. Statique (vitesse nulle).
2. Dans le cas de deux référentiels galiléens :
 - a. La vitesse d'emportement pour tout corps en mouvement est nulle.
 - b. L'accélération d'emportement pour tout corps en mouvement est nulle.
 - c. L'accélération de Coriolis pour tout corps en mouvement est nulle.
 - d. L'accélération de Coriolis pour tout corps en mouvement est constante.
3. Le **résultat** de l'expérience de Michelson et Morley est que la vitesse de la lumière dans le vide :
 - a. Dépend du mouvement de la source.
 - b. Dépend de la vitesse du récepteur.
 - c. Dépend de son milieu de propagation (éther).
 - d. Est la même dans tous les référentiels galiléens.
4. La composition de deux transformations de Lorentz, pour des référentiels se déplaçant suivant la même direction et avec des vitesses constantes les uns par rapport aux autres, donne une transformation de Lorentz, tel que :
 - a. $v_{\text{résultante}} = v_1 + v_2$ (la vitesse de translation).
 - b. $\beta_{\text{résultante}} = \beta_1 + \beta_2$ (le facteur $\beta = v/c$).
 - c. $\gamma_{\text{résultante}} = \gamma_1 + \gamma_2$ (le facteur $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$).
 - d. $r_{\text{résultante}} = r_1 + r_2$ (la rapidité $r = \text{arctanh } \beta$).
5. Si deux événements sont simultanés et non localisés par rapport à un observateur lié à un référentiel galiléen quelconque, alors l'intervalle espace-temps entre les deux événements est :
 - a. Du genre espace.
 - b. Du genre temps.
 - c. Du genre lumière.
 - d. Les deux événements sont liés par un rapport de causalité.
6. Une voiture qui passe devant moi avec une grande vitesse (proche de la vitesse de la lumière) :
 - a. Me paraît plus longue qu'une voiture du même modèle à l'arrêt.
 - b. Me paraît plus courte qu'une voiture du même modèle à l'arrêt.
 - c. Me paraît plus récente qu'une voiture de la même série (année) à l'arrêt.
 - d. Me paraît plus ancienne qu'une voiture de la même série (année) à l'arrêt.