

Exercice 1 *Transformation des potentiels d'une charge ponctuelle*

On considère une charge ponctuelle q au repos dans le référentiel $\mathcal{O}xyz$. Calculer le quadri-vecteur des potentiels $(\phi', c\mathbf{A}')$ dans le référentiel $\mathcal{O}x'y'z'$ qui se déplace à une vitesse constante v par rapport à $\mathcal{O}xyz$ le long de x .

Interpréter ce résultat en le comparant avec les potentiels bien connus de Liénard-Wiechert.

Exercice 2 *Transformation de densités de courant et de charge*

Une boucle conductrice de forme rectangulaire de côtés de longueurs a' et b' est parcourue par un courant I' (dans le référentiel \mathcal{R}' de la boucle). La boucle se déplace avec une vitesse constante v qui est parallèle au côté de longueur a' . La section \mathcal{S}' du fil de cette boucle est finie.

Trouver la distribution des charges électriques ainsi que les courants (dans chaque partie de la boucle) dans le référentiel \mathcal{L} du laboratoire.

Interpréter les résultats obtenus.

Exercice 3 *Effet Doppler relativiste*

Une onde électromagnétique est décrite par les champs électromagnétiques:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \sin(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{x}) \quad \text{avec} \quad \mathbf{E}_0 \cdot \mathbf{k} = 0$$

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{k}}{\omega} \times \mathbf{E} ,$$

où ω est la pulsation dans le référentiel du laboratoire, $\mathbf{k} = (0, 0, k)^T$ est le vecteur d'onde avec $|\mathbf{k}| = \omega/c$.¹

Un observateur se déplace à la vitesse constante v le long de l'axe z .

- i) Trouver la fréquence ω' de l'onde dans le système de l'observateur (effet Doppler).
- ii) Montrer que $(\frac{\omega}{c}, \mathbf{k})$ forme un quadri-vecteur.

Indication: La phase d'une onde électromagnétique est un invariant de Lorentz.

¹L'expression pour le champ magnétique est une conséquence de la loi de Faraday $\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0$. En plus, l'équation $\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$ implique $\mathbf{E}_0 \cdot \mathbf{k} = 0$