

- 1) Répondre aux questions suivantes :
- (a) Décrire l'expérience de Michelson et Morley et l'interprétation des résultats observés.
 - (b) Formuler les postulats de la théorie de la relativité restreinte.
 - (c) Qu'est-ce qu'une transformation de Galilée? et une transformation de Lorentz?
 - (d) Décrire la notion de temps propre et de dilation du temps.
 - (e) Décrire la notion de longueur propre et de contraction de l'espace.
 - (f) Définir la vitesse propre d'une particule.
 - (g) Comment se transforme le quadrivecteur impulsion-énergie par rapport à un changement entre deux repères inertiels?
 - (h) Décrire le principe et les propriétés principales de l'effet Doppler
- 2) Le pion π^+ est une particule élémentaire qui a une durée de vie propre de $\tau_0 = 2,6 \times 10^{-8}$ s. On considère des pions qui se déplacent par rapport au repère du laboratoire (R_L) à une vitesse constante v . On considère deux valeurs de la vitesse v :
- (i) 50% de la vitesse de la lumière,
 - (ii) 90% de la vitesse de la lumière.
- a) Quelle est la durée de vie de la particule mesurée depuis le référentiel du laboratoire?
 - b) Quelle est la distance parcourue par le pion pendant sa durée de vie (par rapport à R_L) ?
 - c) Quelles seraient ces distances observées depuis le référentiel R_0 dans lequel la particule est au repos?
 - d) Interpréter en termes de dilatation et contraction de l'espace-temps.

Indication: Vitesse de la lumière $c = 3 \times 10^8$ m/s

- 3) (a) Montrer que pour un système Hamiltonien l'énergie est toujours conservée.
- (b) On considère le mouvement d'une masse m soumise à une force de rappel harmonique, décrit par l'Hamiltonien $H = \frac{\vec{p}^2}{2m} - \gamma|\vec{x}|^2$, où \vec{x} est la position, \vec{p} l'impulsion, et γ une constante. Montrer que la composante $L_3 = x_1 p_2 - x_2 p_1$ du moment cinétique est une quantité conservée.

Indication: Utiliser les crochets de Poisson définis pour deux fonctions $A(\vec{p}, \vec{x})$ et $B(\vec{p}, \vec{x})$ quelconques par

$$\{A, B\} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial A}{\partial p_j} \frac{\partial B}{\partial x_j} - \frac{\partial B}{\partial p_j} \frac{\partial A}{\partial x_j}.$$

- 4) Dessiner le portrait de phase et donner une classification de tous les types d'orbites possibles pour les systèmes décrits par les Hamiltoniens suivants :
- (a) $H = p^2/(2m) + x + x^2$.
 - (b) $H = p^2/(2m) - x^2$.
 - (c) $H = p^2/(2m) - x^2 + x^4$.
 - (d) $H = p^2/(2m) - x^2 + x^3$.
 - (e) $H = p^2/(2m) + \sin(x)$.