

- 1) Répondre aux questions suivantes :
- Décrire l'expérience de Michelson et Morley et l'interprétation des résultats observés.
  - Formuler les postulats de la théorie de la relativité restreinte.
  - Qu'est-ce qu'une transformation de Galilée? et une transformation de Lorentz?
  - Décrire la notion de temps propre et de dilatation du temps.
  - Décrire la notion de longueur propre et de contraction de l'espace.
  - Définir la vitesse propre d'une particule.
  - Comment se transforme le quadrivecteur impulsion-énergie par rapport à un changement entre deux repères inertiels?
  - Décrire le principe et les propriétés principales de l'effet Doppler
- 2) Le pion  $\pi^+$  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  $v$  :
- 50% de la vitesse de la lumière,
  - 90% de la vitesse de la lumière.
- Quelle est la durée de vie de la particule mesurée depuis le référentiel du laboratoire?
  - Quelle est la distance parcourue par le pion pendant sa durée de vie (par rapport à  $R_L$ ) ?
  - Quelles seraient ces distances observées depuis le référentiel  $R_0$  dans lequel la particule est au repos?
  - 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  $\gamma$  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 :
- $H = p^2/(2m) + x + x^2$ .
  - $H = p^2/(2m) - x^2$ .
  - $H = p^2/(2m) - x^2 + x^4$ .
  - $H = p^2/(2m) - x^2 + x^3$ .
  - $H = p^2/(2m) + \sin(x)$ .