

# Licence de Physique L2

## Relativité Restreinte

### Session Juin 2009.

Durée : 2 heures sans notes et avec calculatrice.

#### Problème I

1. Calculer les composantes du quadrivecteur potentiel électromagnétique créé au point  $M(x,y,z)$  à l'instant  $t$  par une charge  $q$  en mouvement à vitesse uniforme  $u$  suivant la direction  $Ox$  (pour une charge au repos on rappelle l'expression du potentiel

electrostatique :  $\phi(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$  )

2. En déduire l'expression suivante du champ électrique créé par cette charge en  $M$

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \gamma \frac{\vec{r}}{(y^2 r_x^2 + r_y^2 + r_z^2)^{3/2}}$$

où  $r_x = x - ut$ ,  $r_y = y$ ,  $r_z = z$

3. Expliquez sans calcul comment on aurait pu obtenir plus directement le même résultat?

#### Problème II

On considère la collision élastique d'un photon sur un électron

1. Quelle est la relation entre les quadrivecteurs Energie-Impulsion initiaux  $P$  et  $Q$  du photon et de l'électron respectivement et leurs quadrivecteurs Energie-Impulsion finaux  $P'$  et  $Q'$
2. Dans le cas où on ne mesure pas les caractéristiques (énergie et direction) de l'électron final, un moyen commode de les éliminer de l'analyse consiste à exprimer son quadrivecteur Energie-Impulsion  $Q'$  en fonction des trois autres quadrivecteurs et à calculer le carré de cette relation. En déduire alors une relation entre produits scalaires de  $P$ ,  $P'$  et  $Q$
3. Dans le cas où l'électron initial est au repos, le photon incident d'énergie  $P^0$  est diffusé (dévié) sous un angle  $\theta$ .
  - i. Que devient la relation précédente ? En déduire la valeur de l'énergie  $P'^0$  du photon diffusé ainsi que l'expression de la différence  $(1/P'^0) - (1/P^0)$ .
  - ii. En déduire l'expression de l'énergie finale  $Q'^0$  de l'électron en fonction de  $P^0$  et  $\theta$ .
  - iii. Pour quelles valeurs de l'angle de diffusion l'énergie du photon final est elle maximale? Minimale? Calculez ces valeurs d'énergie. En déduire l'expression de l'énergie maximale de l'électron dans l'état final

- iv. Calculer l'énergie finale d'un photon diffusé à  $90^\circ$  lorsque le photon incident a une énergie de 10KeV, de 10MeV
4. Expliquez sans calcul comment l'analyse précédente dans le cas d'un électron initialement au repos peut être exploitée pour analyser le cas d'une collision sur un électron initial d'énergie quelconque.

### Problème III

1. Etablir les lois de transformation de la vitesse entre deux référentiels Galiléens  $R'$  et  $R$  en mouvement relatif à vitesse uniforme  $u$  (vitesse de  $R'$  par rapport à  $R$ )
2. En déduire que la vitesse de la lumière est invariante sous une telle transformation
3. Qu'obtient on en multipliant les composantes  $(v_x, v_y, v_z, c)$  par  $mdt/d\tau$  ? Comment se transforme cet objet de  $R'$  à  $R$ ?
4. Que font l'impulsion et la vitesse lorsque on accélère une particule indéfiniment?
5. Etablir les lois de transformation de l'accélération entre ces mêmes référentiels
6. Dans le cas d'un objet accéléré dans  $R$  pourquoi n'existe t'il pas de référentiel Galiléen qui reste lié à cet objet ? Comment appelle t'on le référentiel Galiléen  $R'$  lié à l'objet sur un instantané? Simplifier la loi de transformation des accélérations dans ce cas.