

**MÉCANIQUE QUANTIQUE**  
**TRAVAUX DIRIGÉS Nos. 2 (Durée : 1 h )**

## Effet Compton - Longueur d'onde de de Broglie

### 1. Effet Compton

On considère la collision d'un photon d'énergie  $E_\nu$  et d'impulsion  $\vec{p}_\nu$  avec un électron de masse  $m_e$ , supposé libre, initialement au repos. (par exemple lié à un atome par une énergie très petite devant  $E_\nu$ ).

On note  $E_e$  et  $\vec{p}_e$  l'énergie et l'impulsion de l'électron après la collision. et  $E_\nu'$  et  $\vec{p}_\nu'$  ces mêmes grandeurs pour le photon.

- (a) Le problème peut-il *a priori* être traité en mécanique classique ?
- (b) Donner les différentes équations de conservation
- (c) Exprimer  $E_e$  en fonction de  $\theta$ , angle entre  $\vec{p}_\nu$  et  $\vec{p}_\nu'$  et des autres variables.
- (d) Même question pour  $E_\nu'$
- (e) En déduire la longueur d'onde correspondante du photon diffusé, notée  $\lambda'$ , en fonction de  $\lambda_e^C = \frac{h}{m_e c}$ , dite longueur d'onde Compton de l'électron
- (f) On suppose  $E_\nu \gg 13,6 \text{ eV}$ ; commenter ce choix. À quelle partie du spectre électromagnétique cette énergie correspond-elle ?

### 2. Longueur d'onde dite de de Broglie

On peut montrer que dans un système thermalisé, l'énergie se répartit en  $\frac{1}{2}k_B T$  par degré de liberté quadratique du Hamiltonien, où  $k_B$  est la constante de Boltzmann et  $T$  la température. On considère une particule libre thermalisée.

- (a) Exprimer l'énergie de cette particule
- (b) En déduire la longueur d'onde de de Broglie correspondante.
- (c) On considère un gaz d'argon ( $M=40\text{g}$ ) dans les conditions normales de température et de pression. Comparer la distance moyenne entre atomes à la longueur d'onde associée.
- (d) On considère une pile atomique où les neutrons issus des réactions nucléaires ont une énergie de 5 MeV. À l'aide d'un « modérateur », on ramène l'énergie de ces neutrons à 0,04 eV. Calculer les températures longueurs d'onde et vitesses correspondantes; commenter les valeurs obtenues sachant que la pile a une dimension de l'ordre de la dizaine de mètres.

Données numériques :  $h=6,62.10^{-34} \text{ J.s}$   $k_b=1,38.10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$   $m_n=1,67.10^{-27} \text{ kg}$   
 $m_e=0,511 \text{ MeV}$   $e=1,6.10^{-19} \text{ C}$   $c=3.10^8 \text{ m/s}$