**Partie 2 : Sciences physiques**

**EXERCICE A – Les accélérateurs de particules au service de la médecine (10 points)**

**La protonthérapie : des particules pour soigner**

Les protons peuvent être utilisés pour traiter des tumeurs de manière très localisée, sans endommager les tissus sains adjacents. Pour ce faire, il faut contrôler très précisément la direction et l’énergie cinétique des protons. Dans ce cas, les protons traversent le corps sans libérer d’énergie, s’arrêtent à la position voulue où ils détruisent les cellules cancéreuses en libérant leur énergie.

Pour conférer aux protons la direction et l’énergie voulue, on peut utiliser des accélérateurs linéaires de particules où des particules chargées sont placées dans un champ électrique uniforme.

*D’après l’Institut Curie «*Protonthérapie : un lieu de haute technologie »

Un proton arrive au point O à l’instant *t* = 0 s avec une vitesse considérée comme nulle et est accéléré jusqu’à acquérir en A l’énergie cinétique voulue *Ec*.

Source de protons

*y*

*x*

O

*L*

*Armatures du condensateur*

A

Figure 1. Schéma du dispositif modélisant l’accélérateur linéaire

**Données :**

* masse d’un proton : *m*=1,7 × 10-27 kg ;
* charge électrique d’un proton : *q*=1,6 × 10-19 C ;
* distance entre les deux armatures : *L*=*OA*= 1,0 m ;
* célérité de la lumière dans le vide : *c* = 3,0 × 108 m·s-1 ;
* la norme *E* du vecteur champ électrique créé entre les deux armatures (plaques conductrices) d’un condensateur distantes de *L* et soumises à une tension *U* est :

Les deux armatures portent des charges de signes opposés ;

* accélération de la pesanteur terrestre : *g*=9,8 m⋅s-2 ;
* énergie cinétique d’un proton utilisé en protonthérapie (au point A) : *Ec*(A) = 6,4 × 10-12 J.

Dans cet exercice, on cherche à déterminer la valeur de *E* à appliquer dans l’accélérateur pour obtenir l’énergie voulue.

On formule l’hypothèse que le poids d’un proton est négligeable devant la force électrique subie par le proton.

1. Donner l’expression de la valeur *Fe* de la norme de la force électrique qui s’exerce sur le proton dans l’accélérateur en fonction du champ *E* et de la charge *q*.
2. Reproduire sommairement le schéma de la figure 1 sur la copie et y représenter le vecteur force électrique et le vecteur champ électrique en un point quelconque de la zone entre les deux armatures.
3. Préciser, en justifiant la réponse, les signes des charges portées par chacune des armatures à l’origine du champ électrique .
4. Donner l’expression du travail de la force électrique exercée sur le proton lors de son trajet de longueur *L* dans l’accélérateur en fonction de *q, E* et *L*.
5. À l’aide du théorème de l’énergie cinétique, en déduire l’expression de la norme du champ électrique *E* à appliquer dans l’accélérateur afin d’obtenir l’énergie cinétique voulue au point A. Calculer la valeur de *E*.
6. Déterminer la valeur de la norme *Fe* de la force électrique subie par le proton et la comparer au poids du proton. Commenter l’hypothèse faite au début de l’exercice.
7. Dans ce modèle, calculer la valeur de la vitesse d’un proton d’énergie cinétique *Ec*(A)*.* Commenter.

**EXERCICE B – Chargeur solaire (10 points)**

De nouveaux fabricants développent des solutions solaires portables pour répondre à la demande croissante de recharge de téléphone mobile. Le panneau photovoltaïque (figure 1) en est une illustration. Il s’agit d’un panneau solaire en silicium monocristallin réputé pour son rendement (ou efficacité) élevé, soit 22,4 % annoncé par le constructeur et défini dans des conditions normées d’éclairage.



17,8 cm

24,2 cm

Figure 1. Panneau photovoltaïque

On se propose de vérifier les performances de ce panneau photovoltaïque.

Par une journée ensoleillée, on réalise l’expérience de charge d’un téléphone mobile (figure 2 et figure 3). On mesure la tension *U* aux bornes du téléphone mobile et le courant *I* traversant le circuit : *U* = 4,8 V et *I* = 0,84 A.

Panneau photovoltaïque

Une image contenant capture d’écran, cercle

Description générée automatiquement

Téléphone mobile

Soleil

Une image contenant jaune, créativité

Description générée automatiquement

Rayonnement solaire

Figure 2. Schéma de l’expérience de charge du téléphone mobile à l’aide du panneau solaire. Un chronomètre permet de suivre l’évolution de la charge de la batterie au cours du temps

Une image contenant texte, capture d’écran, Police

Description générée automatiquement

Figure 3. Extrait de la fiche technique du téléphone mobile

**Données :**

* constante de Planck : *h* = 6,63×10-34 Js;
* célérité de la lumière dans le vide : *c* = 3,0 ×108 ms-1 ;
* le travail d’extraction nécessaire pour qu’un photon puisse extraire un électron est :

Δ*E* = *h* × *fS* = 1,12 eV

où *fS* est la fréquence minimale du photon ;

* 1 eV = 1,60×10-19 J ;

1. Décrire en quelques lignes le phénomène qui intervient dans la conversion d’énergie lumineuse en énergie électrique lors du fonctionnement du panneau photovoltaïque.
2. Calculer la fréquence seuil *fS* et la longueur d’onde associée λS d’un photon pour extraire un électron.
3. Montrer alors que le rayonnement solaire convient pour le fonctionnement de ce panneau photovoltaïque.

Le tableau ci-dessous indique l’évolution, à intervalle de temps régulier Δ*t* = 2,0 min, du pourcentage de charge de la batterie de 50 % à 60 % dans l’expérience décrite en figure 2 :

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Temps | 0 | Δ*t* | 2×Δ*t* | 3×Δ*t* | 4×Δ*t* | 5×Δ*t* |
| Charge de la batterie | 50 % | 52 % | 54 % | 56 % | 58 % | 60 % |

1. Estimer, en explicitant la démarche utilisée, la valeur de la durée nécessaire pour une charge complète à partir d’une batterie totalement déchargée.

Le relation entre la charge électrique transférée *Q* et la durée du transfert , pour une intensité électrique *I,* est donnée par la relation : .

1. Comparer le résultat avec les données de la fiche technique du téléphone mobile (figure 3).

Durant l’expérience, le flux lumineux *Φ* mesuré avec un solarimètre est de 570 W·m-2.

1. Déterminer la valeur de, la puissance lumineuse reçue par le panneau.
2. À l’aide des mesures réalisées durant l’expérience (figure 2), déterminer la valeur de la puissance utile fournie par le panneau.
3. En déduire *η*, le rendement du panneau photovoltaïque. Comparer avec l’indication donnée par le fabriquant.