

## Détection de rayons cosmiques (Bac S – Amérique du Nord - juin 2018)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie  
© <http://b.louchart.free.fr>

### 1. Étude de muons

**1.1.** D'après le texte d'introduction, si les muons allaient à la vitesse de la lumière, ils parcourraient  $d = 600$  m en une durée  $\Delta t = 2,0 \mu\text{s}$ .

On peut donc retrouver la célérité  $c$  de la lumière :

$$c = \frac{d}{\Delta t} = \frac{600}{2,0 \times 10^{-6}} = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

**1.2.** 
$$\Delta T = \gamma \Delta T_0 = \frac{\Delta T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2,2}{\sqrt{1 - 0,9997^2}} = 90 \mu\text{s}$$

**1.3.**  $d' = v \Delta T = 0,9997 \times 3,0 \times 10^8 \times 90 = 2,7 \times 10^4 \text{ m} = 27 \text{ km}$

Cette valeur est cohérente avec les observations : avec une distance moyenne parcourue de 27 km, des muons produits dans l'atmosphère peuvent arriver au sol et être détectés.

**1.4.** 
$$E = \gamma m_\mu c^2 = \frac{m_\mu c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1,88 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2}{\sqrt{1 - 0,9997^2}} = 6,91 \times 10^{-10} \text{ J}$$

$$\Rightarrow E = \frac{6,91 \times 10^{-10}}{1,60 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 4,32 \times 10^9 \text{ eV} = 4,32 \text{ GeV}$$

D'après le site internet cité, "un muon d'énergie 1 GeV [...] parcourt en moyenne 6,97 km dans l'atmosphère, un muon de 10 GeV près de 63 km".

27 km étant compris entre 6,87 km et 63 km, il est cohérent de trouver une valeur d'énergie du muon (4,32 GeV) comprise entre 1 et 10 GeV.

### 2. Détection des muons au lycée

**2.1.** Pour détecter un maximum de muons, il faut prendre un angle d'orientation  $\theta = 0^\circ$ .

Si on modifie l'angle de seulement quelques degrés, le nombre de muons détectés varie peu, mais au-delà, il diminue alors de façon notable.

**2.2.1.** Notons  $N$  le nombre d'impacts en 10 minutes.

La moyenne des 24 mesures du tableau vaut :

$$N_{\text{moy}} = 966,33$$

**2.2.2.** À l'aide du mode statistique de la calculatrice, on calcule l'écart-type expérimental :

$$s_{n-1} = 38,19$$

On en déduit l'incertitude sur  $N$  :

$$U(N) = 2 \times \frac{s_{n-1}}{\sqrt{n}} = 2 \times \frac{38,19}{\sqrt{24}} = 16$$

Ainsi, on peut écrire le résultat sous la forme :  $N = (966 \pm 16)$  impacts

**2.3.** Le flux de muons au niveau de la mer est de 1 muon par  $\text{cm}^2$  et par minute.

Lunel se trouve à une altitude de 8 m au-dessus du niveau de la mer mais, en 1<sup>ère</sup> approximation, on considérera que le flux de muons y est aussi de 1 muon par  $\text{cm}^2$  et par minute.

En moyenne, il y a eu  $9,7 \times 10^2$  impacts en 10 minutes.

Cela correspond à 97 impacts par minute.

On peut donc estimer la surface effective de détection du cosmodétecteur à  $97 \text{ cm}^2$ .

C'est un résultat cohérent : si le détecteur était carré, cela correspondrait à un côté de 10 cm environ.