Exercice 1 — éléments de correction

1. 2 points

À l'infini, les deux noyaux ont une énergie potentielle d'interaction électrostatique nulle. L'énergie à leur apporter est donc égale à l'énergie potentielle à 10^{-15} m, soit : $E = \dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 d} = 2,30 \cdot 10^{-13}$ J $= 1,44 \cdot 10^6$ eV.

2. 1 point

${}^2_1\mathrm{H} + {}^3_1\mathrm{H} \to {}^1_0\mathrm{n} + {}^4_2\mathrm{He}$.

3. 2 points

L'impulsion initiale est supposée nulle, donc l'impulsion finale totale doit l'être aussi, ce qui implique que les normes des impulsions des deux produits ont une même valeur p. Il en découle $\dfrac{p^2}{m_n} + \dfrac{p^2}{m_{\mathrm{He}}} = E_{tot}$, d'où $p^2 = \dfrac{E_{tot}}{\frac{1}{m_n} + \frac{1}{m_{\mathrm{He}}}}$ et par suite $E_n = \dfrac{m_{\mathrm{He}}}{m_{\mathrm{He}} + m_n} E_{tot} = 14,1$ MeV et $E_{\mathrm{He}} = E_{tot} - E_n = 3,5$ MeV.

4. a) 2 points

On se donne un repère orthonormé $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ tel que $\vec{B} = B\vec{e}_z$. Le PFD s'écrit alors $m\ddot{x} = qB\dot{y}$ et $m\ddot{y} = -qB\dot{x}$. En posant $X = x + iy$, ceci s'écrit $m\ddot{X} = -iqB\dot{X}$, d'où $X = R\exp\left(-i\frac{qB}{m}t\right) + X_0$ où X_0 et R sont des constantes d'intégration. Il s'agit d'un mouvement circulaire uniforme de fréquence $f_c = \dfrac{|q|B}{2\pi m}$.

b) 0,5 point

L'application numérique donne $f_c = 148$ GHz.

5. 0,5 point

Les lignes de champ magnétique sortent du cylindre par ses extrémités, donc le plasma peut sortir par là.

6. 1 point

Une onde électromagnétique de fréquence f est constituée de photons d'énergie hf. Si f est la fréquence la plus basse absorbée, alors hf doit être égal au plus petit écart d'énergie entre deux niveaux, soit hf_c, d'où $f = f_c = 148$ GHz.

7. 1 point

La fréquence cyclotron est inversement proportionnelle à la masse de la particule chargée. Les noyaux considérés ici ont une masse quelques milliers de fois plus élevée qu'un électron, donc leur fréquence cyclotron est quelques milliers de fois plus faible, soit quelques dizaines de MHz.