

*Directives : Répondez à toutes les questions (total : 29 points, comptant pour 35% de la note finale). La seule documentation permise est le résumé que vous avez préparé (2 pages). **Prenez soin de bien justifier vos affirmations.** Le nombre de points alloués à chaque problème ou partie de problème est indiqué.*

Question 1 : Questions courtes

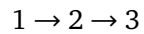
- 2 pts **A** Le terme dominant dans la formule de Bethe-Weizsäcker pour l'énergie de liaison des noyaux est le terme de volume, selon lequel l'énergie de liaison par nucléon est constante (indépendante de A ou Z). Qu'est-ce que cela nous dit sur la force inter nucléon ?
- 3 pts **B** Calculez la transformée de Fourier du potentiel coulombien $V(r) = 1/r$ en trois dimensions, à une constante multiplicative près, sans faire aucune intégrale. N'utilisez que des arguments de symétrie ou dimensionnels.
- 2 pts **C** Plusieurs phénomènes indiquent l'existence de nombres magiques pour Z ou N dans les noyaux (2, 8, 20, 28, 50, 82, 126). Décrivez-en deux.
- 2 pts **D** Expliquez le rôle du modérateur dans un réacteur nucléaire. Deux substances seulement peuvent jouer ce rôle si le combustible est de l'uranium naturel ; lesquelles ?
- 2 pts **E** Pourquoi certaines étoiles ne seront-elles jamais en mesure de produire des éléments plus lourds que l'hélium ? Expliquez.
- 2 pts **F** Le proton p ne fait pas partie des réactants dans les réactions de fusion nucléaire effectuées sur terre (par ex. dans une bombe H). Pourquoi ?
- 3 pts **G** D'après le principe d'incertitude, évaluez l'ordre de grandeur de l'énergie d'un électron confiné dans le volume d'un noyau de rayon $R \sim 5\text{fm}$. Qu'est-ce que ce calcul nous apprend sur la désintégration bêta ?

Question 2 : Collisions

- 2 pts **A** Considérons une collision à deux corps $1 + 2 \rightarrow 3 + 4$. Dans le repère du centre de masse, obtenez la relation entre l'angle de diffusion θ (entre les quantités de mouvement \mathbf{p}_3 et \mathbf{p}_1) et le transfert de quantité de mouvement $\mathbf{q} = \mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_1$. On suppose la collision élastique.
- 4 pts **B** Transportons-nous dans le référentiel du laboratoire (particule 2 immobile) et supposons que le processus décrive l'effet Compton (1 et 3 sont des photons, 2 et 4 des électrons). À l'aide de quadrivercteurs et d'invariants, obtenez le plus économiquement possible la relation entre l'angle de diffusion θ du photon dans ce référentiel et la différence de longueur d'onde entre les photons final (λ') et initial (λ).

Question 3 : Désintégrations couplées

Considérons trois nucléides, numérotés 1, 2 et 3, qui forment une chaîne de désintégration :



Le nucléide 3 est stable. Le nucléide 1 se désintègre exclusivement vers le nucléide 2, avec un taux de désintégration ω_1 . Le nucléide 2 se désintègre exclusivement vers le nucléide 3, avec un taux ω_2 .

2 pts **A** Écrivez un système d'équations différentielles pour les populations $N_1(t)$, $N_2(t)$ et $N_3(t)$ des trois nucléides en fonction du temps.

2 pts **B** En supposant que $N_2(0) = N_3(0) = 0$ (l'échantillon est initialement composé exclusivement du nucléide 1), tracez intuitivement les courbes de population en fonction du temps, en supposant que $\omega_2 \sim 10\omega_1$.

3 pts **C** Décrivez la méthode qu'on doit utiliser pour résoudre le système d'équations trouvé en (a), sans le résoudre explicitement.