

## 01 Comment capturer un Photon

### Tâche 1 | L'Énergie d'un Photon

- a) Un noyau **N-14** au repos réagit avec un noyau **He-4** avec une énergie cinétique de  $E_{\text{cin}} = 2 \text{ MeV}$ . La fusion nucléaire est initiée, ne produisant qu'un seul noyau fils. Noter l'équation de la réaction et déterminez les produits de la réaction.

- b) Au cours de la réaction, un rayon gamma (photon) est libéré avec une énergie cinétique. Calculez l'énergie cinétique du photon en utilisant la conservation de l'énergie et les énergies au repos des réactifs impliqués (voir la carte des noyaux). L'énergie au repos s'applique :

$$E_0 = M \cdot 931,49 \text{ MeV/u} \quad M \dots \text{ Masse Atomique en } u$$

**Notice:**  $M$  est indiqué dans le tableau des noyaux. Faites attention à l'unité indiquée et arrondissez  $M$  (in  $u$ ) au moins à la troisième décimale.

- c) Quelles hypothèses avez-vous dû faire pour calculer l'énergie du photon en 1b) ? L'énergie calculée est-elle la seule énergie cinétique possible que le photon puisse avoir ?

### Tâche 2 | Niveaux d'Énergie

La Figure 1 montre les 4 niveaux d'énergie possibles d'un noyau atomique. Lors de la transition des états excités vers l'état fondamental, des photons sont libérés dont l'énergie est mesurée par un détecteur. L'expérience est répétée plusieurs fois et un spectre d'énergie est enregistré (voir Fig. 2, en grand sur le tableau).

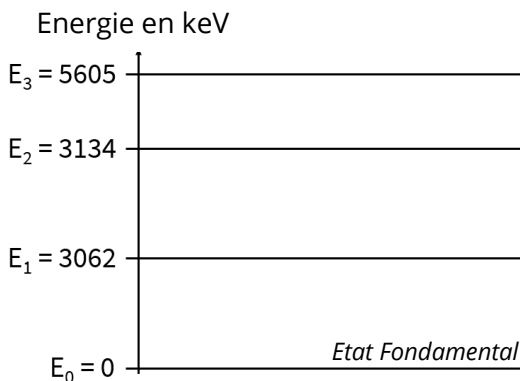
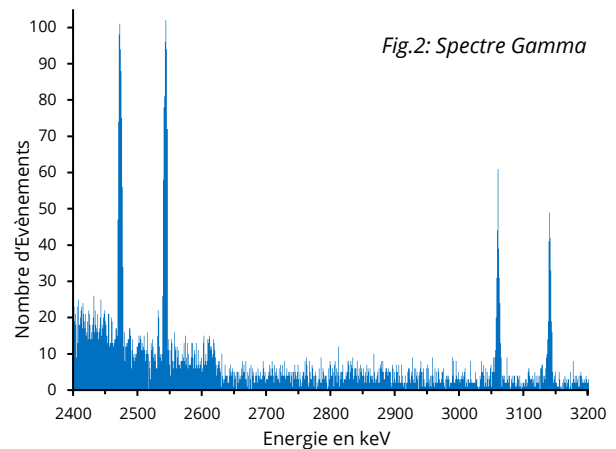


Fig.1: Schéma d'Excitation



- a) Certaines énergies de photons sont mesurées de manière ostensiblement fréquente (appelées **Pics**). Comment les énergies des pics se rapportent-elles au diagramme des niveaux d'énergie de la Fig. 1 ? Expliquez. Formulez la relation à l'aide d'équations.

- b) Revenez à la question 1c. Êtes-vous toujours d'accord avec votre conjecture ? Corrigez votre hypothèse si nécessaire.

## 02 Analyse de Données

### Tâche 3 | Analyser le Spectre

- Ouvrez la page sur laquelle les séries de mesures de l'expérience sont mises à disposition. Sélectionnez le jeu de données qui vous a été attribué et définissez un intervalle raisonnable pour l'analyse des données à l'aide du Schéma d'excitation (annexe). Vous devriez maintenant voir un spectre gamma avec plusieurs pics. Sélectionnez maintenant un pic et utilisez la fonction zoom pour l'afficher.
- Déterminez le nombre d'événements mesurés  $N$  pour le pic. Réfléchissez à quelle **largeur de ligne**  $\lambda$  devrait être utilisée.

$$\lambda =$$
$$N(\text{_____ keV}) =$$

- Déterminer le nombre d'événements mesurés  $N$  pour les autres transitions énergétiques. Soustrayez le bruit de fond selon le schéma indiqué. Entrez vos résultats de mesure dans le tableau de mesures commun.

### Tâche 4 | Section Efficace

La **section efficace**  $\sigma$  de la réaction peut maintenant être calculée à partir du **taux de comptage**  $N$  des transitions. Utilisez la formule suivante (*Explications des grandeurs en annexe*) pour calculer la section efficace de vos transitions énergétiques. Calculez également **section efficace totale**  $\sigma_T$  de votre série (somme des sections efficaces de tous les pics considérés).

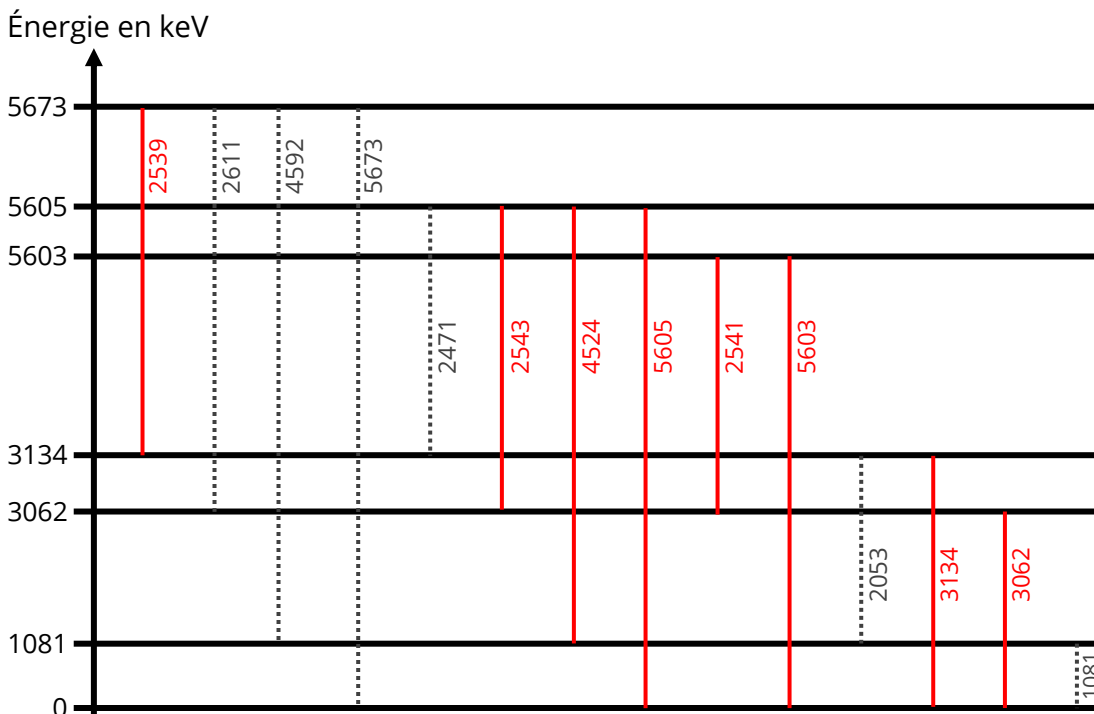
$$\sigma = \frac{N}{N_p \cdot p \cdot d} = \frac{\text{Evènements Mesurés}}{\text{Nombre de Projectiles} \cdot \text{Probabilité de Détection} \cdot \text{Densité de la Cible}}$$

### Tâche 5 | Le Taux de Réaction

Le taux de réaction de la réaction observée ici peut maintenant être déterminé à partir de la **section efficace totale**  $\sigma_T$ . Elle est fortement dépendante de la température. Si nous supposons que la réaction a lieu à l'intérieur des géantes rouges pendant la phase du flash de l'Hélium, nous pouvons supposer une température comprise entre **0,1** et **1 GK**.

- Utilisez l'Outil d'Analyse des Données pour calculer le taux de réaction en fonction de la température. Comment le résultat peut-il être interprété ?
- Quelles approximations avons-nous dû faire pour l'analyse des données ? Discutez qualitativement de l'incertitude de mesure de nos résultats et des sources d'erreurs possibles.

### Schéma d'Excitation du Fluor-18



### Explication des Grandeurs Physiques Expérimentales

#### Nombre de Projectiles

Le Nombre de Projectiles  $N_p$  indique le nombre total de particules de projectiles **entrant dans la cible**. Chaque particule de projectile déclenche une réaction avec une certaine probabilité. Le nombre de projectiles est différent pour chaque série de mesures.

$$\begin{aligned} N_p(\text{Run 1}) &= 4487212 \\ N_p(\text{Run 2}) &= 4090363 \\ N_p(\text{Run 3}) &= 4026908 \\ N_p(\text{Run 4}) &= 4153129 \end{aligned}$$

#### Probabilité de Détection

La Probabilité de Détection  $p$  ou Fonction de Détection indique la probabilité élevée qu'une réaction en cours soit **effectivement détectée**. Elle dépend de l'énergie et est donc différente pour chaque transition énergétique.

$$\begin{aligned} p(5604 \text{ keV}) &= 8,2 \cdot 10^{-4} \\ p(4524 \text{ keV}) &= 8,7 \cdot 10^{-4} \\ p(3134 \text{ keV}) &= 9,8 \cdot 10^{-4} \\ p(3062 \text{ keV}) &= 9,9 \cdot 10^{-4} \\ p(2542 \text{ keV}) &= 1,0 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

#### Densité de la Cible

La Densité de la Cible  $d$  indique combien de particules (noyaux atomiques) sont situées sur une certaine **zone de la cible**. La densité de la cible est la même pour toutes les séries de mesures, car la même cible a toujours été utilisée ici.

$$d = 3 \cdot 10^{18} \frac{1}{\text{cm}^2}$$