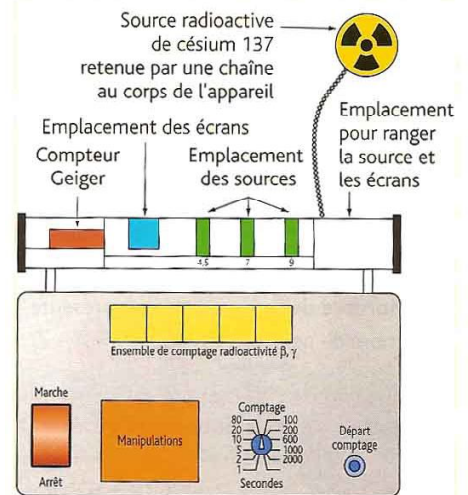
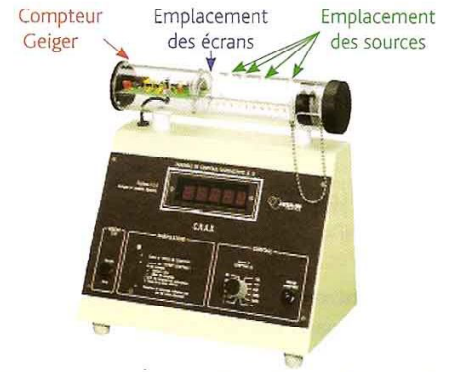


# Tp $\phi$ 4 CARACTERE ALEATOIRE DE LA DESINTEGRATION RADIOACTIVE.

## 1. LA DETECTION DU RAYONNEMENT.

On utilise un compteur de radioactivité «Geiger-Muller» encore appelé CRAB (Compteur de Radioactivité Bêta et gamma), détecteur de rayonnement et compteur d'impulsions pour une durée de comptage prédéfinie. Une source radioactive de césium  $^{137}_{55}\text{Cs}$  émet dans toutes les directions de l'espace. Elle est placée entre deux plaques de plomb qui détecte ainsi le rayonnement qui accompagne la désintégration d'un noyau instable.

Les noyaux de césium 137 donnent par désintégration des noyaux de baryum  $^{137}_{56}\text{Ba}$ . Dans 7% des cas, le noyau fils formé est dans son état fondamental; dans 93% des cas il passe par un état excité avant de se trouver dans son état fondamental.



| Lancer n° | Nombre de dés restants |
|-----------|------------------------|
| 0         | 20                     |
| 1         | .....                  |
| 2         | .....                  |
| 3         | .....                  |
| 4         | .....                  |
| 5         | .....                  |
| 6         | .....                  |
| 7         | .....                  |
| 8         | .....                  |
| 9         | .....                  |
| 10        | .....                  |
| 11        | .....                  |
| 12        | .....                  |
| 13        | .....                  |
| 14        | .....                  |
| 15        | .....                  |
| 16        | .....                  |
| 17        | .....                  |
| 18        | .....                  |
| 19        | .....                  |
| 20        | .....                  |

- 1°) Ecrire les équations des réactions nucléaires correspondant à ces deux cas.
- 2°) De quels types de désintégrations s'agit-il ?
- 3°) En utilisant le tableau de données, calculer la variation  $\Delta m$  au cours de la réaction nucléaire en kg. L'exprimer en unité atomique.
- 4°) Calculer l'énergie échangée au cours de la réaction en Joule. Exprimer le résultat en eV puis en MeV.
- 5°) De l'énergie est-elle libérée au cours de la réaction ? Justifier la réponse.

**Donnée:**

Numéros atomiques  $Z(\text{Be}) = 4$  ;  $Z(\text{B}) = 5$  ;  $Z(\text{C}) = 6$  ;  $Z(\text{N}) = 7$  ;  $Z(\text{O}) = 8$   
 célérité de la lumière dans le vide  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$   
 1 unité de masse atomique  $u$  correspond à  $1,660 54 \times 10^{-27} \text{ kg}$   
 1 eV =  $1,602 18 \times 10^{-19} \text{ J}$   
 Masses de quelques particules

| Particule  | Proton                      | Neutron                     | Electron                    |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Masse (kg) | $1,672 621 \times 10^{-27}$ | $1,674 927 \times 10^{-27}$ | $9,109 381 \times 10^{-31}$ |

| Particule  | Noyau $^{137}\text{Cs}$    | Noyau $^{137}\text{Ba}$    |
|------------|----------------------------|----------------------------|
| Masse (kg) | $2,325 84 \times 10^{-26}$ | $2,325 27 \times 10^{-26}$ |

La source radioactive a une masse voisine de 1,0 dg.

- 6°) Evaluez l'ordre de grandeur du nombre de noyaux de césium contenus dans cette source.
- 7°) Préciser ce que compte exactement le détecteur en faisant la distinction entre le nombre de particules reçues et le nombre de désintégrations dans la source. Le compteur détecte-t-il toutes les désintégrations ?
- 8°) Observez l'ordre de grandeur du nombre de désintégrations en 1 minute et comparez-le au nombre de noyaux de la source.
- 9°) Pour une source donnée, quels sont les paramètres que l'expérimentateur peut modifier et qui influent sur le comptage dans cette expérience ?

## 2. ETUDE D'UN PHENOMENE ALEATOIRE.

Un noyau radioactif est représenté par un dé à jouer. Etudions le comportement macroscopique d'une population de noyaux radioactifs dont le comportement de chacun de ses membres est aléatoire.

Chaque élève d'une classe se procure 20 dés à jouer, de telle sorte qu'au total, on dispose de 200 dés qui vont représenter chacun un noyau radioactif.

|                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| 20                 |   |  |
| 19                 |   |  |
| 18                 |   |  |
| 17                 |   |  |
| 16                 |   |  |
| 15                 |   |  |
| 14                 |   |  |
| 13                 |   |  |
| 12                 |   |  |
| 11                 |   |  |
| 10                 |   |  |
| 9                  |   |  |
| 8                  |   |  |
| 7                  |   |  |
| 6                  |   |  |
| 5                  |   |  |
| 4                  |   |  |
| 3                  |   |  |
| 2                  |   |  |
| 1                  |   |  |
| Numéro de comptage | Nombre $d_i$ de désintégrations obtenu pendant la durée de comptage | Fréquence $f_i$ (nombre de fois où l'on trouve la valeur $d_i$ ) |

On admet que si un dé donne un 6, cela correspond à la désintégration d'un noyau. Il est alors retiré du lot pour le prochain lancer car il ne peut plus donner la même désintégration.

Tous les dés sont lancés ensemble, chaque lancer correspondra à une même durée de comptage.

Retirer les dés qui ont donné un 6 du lot. Comptez le nombre de dés restants (noyaux non désintégrés). Reportez la valeur dans la seconde colonne du tableau.

Recommencer le lancer avec les dés restants.

10°) Représenter le nombre de dés restants en fonction du nombre de tirages.

11°) Peut-on prévoir quel dé va sortir un 6 ? La courbe décroît-elle régulièrement ? Est-ce que le hasard régit la sortie des 6 ?

12°) La sortie d'un 6 affecte-t-elle le résultat du dé voisin ?

13°) Les dés ont-ils la même probabilité de donner un 6 ?

Reportez vos résultats dans la feuille de calcul et observez l'évolution de la courbe au fur et à mesure que le nombre de tirages augmente.

14°) Comparez l'allure des courbes des deux simulations. Qu'y a-t-il de surprenant ?

15°) Déterminez graphiquement le temps nécessaire pour passer d'une population de 200 individus à 100, de 100 à 50, de 80 à 40, de 60 à 30... de  $N$  à  $N/2$ . Que constatez-vous ?

16°) Quel temps est caractéristique de la décroissance ?

Dans l'hypothèse où la décroissance du nombre de dés serait exponentielle, le logiciel calcule l'équation de la courbe de régression correspondante, c'est à dire le modèle mathématique idéal, de la forme

$$y = A.e^{-bx}$$

17°) Observez l'évolution de la constante A et celle de b: que peuvent représenter ces constantes ?

### 3. LE CARACTERE ALEATOIRE DES DESINTEGRATIONS.

Réalisez le comptage des évènements enregistrés par le compteur sur 20 périodes successives de 5 s chacune.

Reportez les valeurs dans un tableau type le tableau ci-contre.

18°) Rappelez la définition de la fréquence  $f$  d'un évènement et complétez la deuxième ligne du tableau.

19°) Représentez sur un histogramme  $f_i$  en fonction du nombre  $d_i$  de désintégrations obtenu pendant la durée de comptage.

20°) Commentez l'histogramme en répondant aux questions suivantes:

20a°) Quelles sont les valeurs minimales et maximales du nombre de particules détectées ?

20b°) Quelle est la valeur d'impulsions enregistrées la plus probable ?

20c°) Cet histogramme montre-t-il des valeurs régulièrement réparties autour de la valeur d'impulsions enregistrées la plus probable ?

21°) Pourquoi dit-on que le résultat des comptages est aléatoire ? A votre avis, la fluctuation des comptages peut-elle s'expliquer par les incertitudes de mesure ? Si on effectue une mesure supplémentaire peut-on prévoir sa valeur ?

22°) Commentez à nouveau l'histogramme obtenu avec le groupe en répondant aux questions suivantes:

22a°) Quelles sont les valeurs minimales et maximales du nombre de particules détectées ?

22b°) Quelle est la valeur d'impulsions enregistrées la plus probable ?

22c°) Cet histogramme montre-t-il maintenant des valeurs régulièrement réparties autour de la valeur d'impulsions enregistrées la plus probable ? Une courbe commence-t-elle à se dessiner ?

