

RADIOACTIVITE

- Objectifs:**
- Réaliser le comptage des désintégrations radioactives d'une source de césium 137.
 - Observer le caractère aléatoire des comptages.

I LE DETECTEUR C.R.A.B (COMPTEUR DE RADIOACTIVITE ALPHA ET BETA)

• L'appareil C.R.A.B est constitué d'une source radioactive de césium 137 associée à un détecteur de désintégration α et β appelé compteur Geiger –Muller. A sa fabrication la source de césium 137 donnait $3,7 \cdot 10^5$ désintégrations par seconde. La source émet de la même façon dans toutes les directions (émission isotrope). Pendant une durée donnée, le compteur détecte un nombre de désintégrations X *proportionnel* au nombre total de désintégrations.

• Le nombre de désintégrations X détectés dépend de la distance entre la source et le détecteur, de la durée de comptage et du nombre d'écrans de plomb intercalés.



II EXPERIENCE SUR 25 COMPTAGES

- La source est placée à 9 cm du compteur. On intercale à mi-distance un écran de plomb (épaisseur 3 mm).
 - Pendant une durée constante $\Delta t = 2$ s, le compteur affiche un nombre X proportionnel au nombre de désintégrations de la source.
 - Chacun des 8 groupes effectue 25 comptages successifs (200 mesures en tout).
- 1) Effectuer 25 comptages successifs et remplir le tableau ci-dessous:

n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X													
n°	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
X													

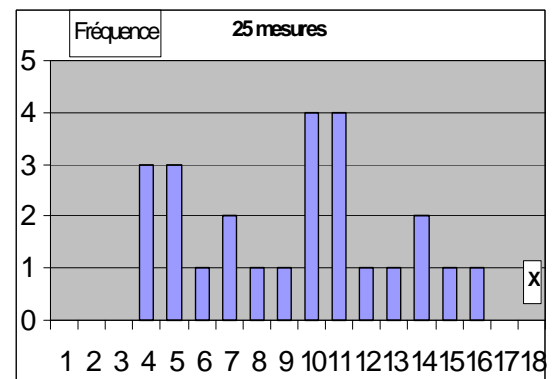
- 2) Reporter les mesures sur le transparent pour une mise en commun des résultats.
 3) Le nombre de désintégrations de la source pendant 2 s est-il toujours le même? Entre quelles valeurs varie-t-il ?
 4) On appelle **fréquence** le nombre de fois où le comptage donne la **même valeur X**. Par exemple la fréquence de la mesure $X = 7$ est le nombre de fois où le compteur a affiché "7" parmi les 25 comptages effectués.

Compléter le tableau suivant:

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fréquence													
X	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Fréquence													

- 5) Tracer l'histogramme (voir ci-contre) en portant en abscisse la valeur de X et en ordonnée la fréquence sur 25. A-t-il une forme particulière ? Quelles sont la ou les fréquences X les plus grandes ?
 6) Calculer successivement la moyenne \bar{X} des valeurs de X en prenant les 5 premiers comptages, puis les 10 premiers...
 Compléter alors le tableau ci-dessous:

Nombre de comptage	5	10	15	20	25	200
\bar{X}						



- 7) Comment évolue la moyenne lorsque le nombre de comptage augmente ?
 8) Traitement informatique des 25 mesures:

- Cliquer sur l'icône "radioactivité" et ouvrir le fichier "CRAB". Activer les macros
- Entrer dans la colonne "nombre d'événements" les valeurs de X de vos 25 comptages.
- Vérifier que la colonne "fréquence" est en accord avec vos résultats.
- Vérifier que "l'histogramme" est en accord avec le votre.

III EXPERIENCE SUR 200 COMPTAGES

- Entrer les 175 autres valeurs de X!!! (Sans se tromper !).
 - Quelle est l'allure de l'histogramme obtenu avec 200 valeurs ? Le reproduire sommairement.
 - Cliquer sur le bouton "moyenne" (bouton jaune en haut de la page).
- 1) Quelle est la valeur moyenne \bar{X} de X calculée sur les 200 comptages ? Compléter le tableau du II.6 et vérifier la cohérence du résultat.
 - 2) Cliquer sur la feuille 2. Reproduire l'allure de l'histogramme pour 200 mesures. Commenter l'allure du graphe.
 - 3) Reproduire sommairement l'évolution de la valeur moyenne \bar{X} en fonction du nombre de comptage. Commenter l'allure du graphe.
 - 4) Retourner sur la feuille 1. Calcul de l'écart type σ : choisir une cellule et entrer la formule "=ecartype(b4:b203)". Quelle est la valeur de l'écart type ? Commenter en comparant à \bar{X} .
 - 5) Déterminer l'intervalle de confiance à 95 % défini par $[\bar{X} - 2\sigma, \bar{X} + 2\sigma]$. Que signifie cet intervalle ?
- Fermer sans enregistrer

IV SIMULATION D'EXPERIENCES AVEC 20, 200, 2000 ET 20 000 COMPTAGES

- Cliquer sur l'icône "Radioactivité" et charger le logiciel "Cs137.exe".
 - Choisir: Nb de mesure "20"; comptages distance en cm: "3 cm"; temps réel "oui"; durée de comptage "50 ms".
 - Appuyer sur "Départ mesure activité" et faire plusieurs essais.
- 1) Que peut-on dire de l'allure du diagramme en bâton et de la valeur moyenne pour 20 mesure ?
 - 2) Répondre aux mêmes questions pour 200, 2000 et 20 000 mesures (choisir alors temps réel "non").
 - 3) Reproduire l'allure du diagramme en bâton pour 20 000 mesures.

V RECHERCHES SUR LE CESIUM 137 AVEC "NUBASE"

- Cliquer sur l'icône "Radioactivité" et ouvrir "Nucleus".
- Saut: taper le symbole : cs ↵ + zoom avant - zoom arrière.
- On se déplace avec les flèches du clavier pour trouver l'isotope cherché.

- 1) Le césium 137 est-il stable ou instable ? Quel est l'isotope stable du césium ? Déterminer le symbole du noyau de césium 137 et la composition du noyau.
- 2) Le césium 137 est-il un noyau naturel ou artificiel ?
- 3) Déterminer le type de désintégration du césium 137 et l'équation de désintégration. Quel est le nom du noyau formé ? Est-ce un noyau stable ?
- 4) Dans 7 % des cas le noyau de baryum formé est dans son état fondamental et dans 93 % des cas il est dans son état excité avant de retrouver son état fondamental. Écrire l'équation de désexcitation du noyau de baryum 137.
- 5) Pour étudier une source radioactive on mesure son activité A(t) égale au nombre de désintégrations par seconde. L'activité A se mesure en becquerel (Bq). L'activité d'une source radioactive suit une loi de décroissance exponentielle de la forme: $A(t) = A_0 \cdot e^{-t/\tau}$ où τ est une constante de temps reliée à $t_{1/2}$ par la relation: $\tau = t_{1/2} / \ln 2$. La demi-vie du césium 137 est 30 ans.
 - a) Quelle est l'activité initiale A_0 de la source de césium 137 ?
 - b) Calculer la constante de temps τ du césium 137 en s.
 - c) Que peut-on dire de l'activité A(t) au bout de 2 h de TP ? Au bout d'une semaine, 1 an ? Conclusion.
 - d) Peut-on prévoir la durée de vie d'un noyau de césium 137 ? Pourquoi ?