TP de Physique n° 5	Caractère aléatoire du phénomène de désintégration radioactive	Terminale

Objectifs: montrer comment un phénomène aléatoire au niveau microscopique peut obéir à une loi de probabilité à l'échelle macroscopique.

I. COMPORTEMENT INDIVIDUEL D'UN NOYAU: ASPECT MICROSCOPIQUE

Les noyaux de césium 137, de symbole $^{137}_{55}Cs$, sont radioactifs. Ils donnent par désintégrations des noyaux de baryum, de symbole $^{137}_{56}Ba$. Dans 7% des cas, le noyau de baryum formé est dans son état fondamental. Dans 93% des cas, il passe par un état excité avant de se trouver dans son état fondamental.

a) Ecrire les équations des réactions nucléaires correspondant à ces deux cas.
b) De quels types de désintégrations radioactives s'agit-il ?

La demi- vie du césium 137 a pour valeur 30 ans.

c) Peut-on prévoir la durée de vie d'un noyau de césium 137 donné ?
d) Quelle est la signification de la demi vie en terme de probabilité ?

II. COMPORTEMENT D'UNE POPULATION DE NOYAUX: ASPECT MACROSCOPIQUE

Le comptage des désintégrations radioactives d'un échantillon de césium 137 peut être effectué à l'aide d'un compteur Geiger-Muller C.R.A.B. (Compteur de Radioactivité Alpha et Bêta)
L'échantillon de césium 137 considéré a une activité totale égale à environ 3 10^5 Bq.

a) On note A_1 l'activité de l'échantillon au début des mesures et A_2 son activité une heure plus tard.

Calculer le rapport $\frac{A_1}{A_2}$

L'activité de l'échantillon évolue-t-elle de façon sensible en une heure ?
Pouvait-on prévoir ce résultat ? Expliquer.

Placer la source radioactive à 4,5 cm du détecteur et intercaler quatre écrans de plomb. Effectuer 20 comptages d'une durée de deux secondes chacun. Disposer les résultats dans un tableau

n_i Nombre de désintégrations enregistrées	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f_i Nombre de fois où chaque valeur de n_i a été obtenue										

b) Tracer l'histogramme représentant f_i en fonction de n_i
c) Quelle caractéristique du phénomène de la radioactivité ces résultats mettent-ils en évidence ?

d) Pourquoi l'activité mesurée par le compteur est-elle beaucoup plus faible que celle de l'échantillon ?

e) A l'aide d'une calculatrice ou d'un tableur, calculer

- la valeur moyenne $\bar{n} = \frac{\sum_i n_i f_i}{\sum_i f_i}$
- la variance $v = \frac{\sum_i f_i (n_i - \bar{n})^2}{\sum_i f_i}$
- et l'écart type $\sigma = \sqrt{v}$

Relier le compteur à un ordinateur. Lancer le logiciel *Aleacrab* et réaliser les mesures correspondant à 100 comptages successifs. Imprimer l'histogramme et les résultats associés.

f) Déterminer la valeur la plus probable n_m du nombre de désintégrations en 2 secondes.
g) Comparer la variance et la valeur moyenne. Le phénomène observé obéit-il à la loi de poisson ?
h) Quelle est la probabilité pour que la valeur de n appartienne à l'intervalle $\left[\bar{n} - 2\sigma ; \bar{n} + 2\sigma\right]$?

TP de Physique n°5	**Caractère aléatoire du phénomène de désintégration radioactive**	Terminale

<u>Objectifs:</u> montrer comment un phénomène aléatoire au niveau microscopique peut obéir à une loi de probabilité à l'échelle macroscopique.

II. COMPORTEMENT INDIVIDUEL D'UN NOYAU: ASPECT MICROSCOPIQUE

Les noyaux de césium 137, de symbole $^{137}_{55}Cs$, sont radioactifs. Ils donnent par désintégrations des noyaux de baryum, de symbole $^{137}_{56}Ba$. Dans 7% des cas, le noyau de baryum formé est dans son état fondamental. Dans 93% des cas, il passe par un état excité avant de se trouver dans son état fondamental.

a) Ecrire les équations des réactions nucléaires correspondant à ces deux cas.

b) De quels types de désintégrations radioactives s'agit-il ?

La demi- vie du césium 137 a pour valeur 30 ans.

i) Peut-on prévoir la durée de vie d'un noyau de césium 137 donné ?

Un noyau de césium 137 apparu il y a mille ans et un autre formé il y a cinq minutes ont exactement la même probabilité de se désintégrer dans l'heure qui vient: un noyau radioactif ne vieillit pas.

j) Quelle est la signification de la demi vie en terme de probabilité ?

La demi-vie n'a qu'une valeur statistique permettant de connaître l'évolution moyenne d'un très grand nombre de noyaux radioactifs.
Elle ne permet pas de prédire le moment exact où chaque noyau va se désintégrer.
La seule certitude est: il y a une chance sur deux pour qu'il ait disparu au bout d'une demie-vie.

II. COMPORTEMENT D'UNE POPULATION DE NOYAUX: ASPECT MACROSCOPIQUE

Le comptage des désintégrations radioactives d'un échantillon de césium 137 peut être effectué à l'aide d'un compteur Geiger-Muller C.R.A.B. (Compteur de Radioactivité Alpha et Bêta)
L'échantillon de césium 137 considéré a une activité totale égale à environ 3 10^5 Bq.

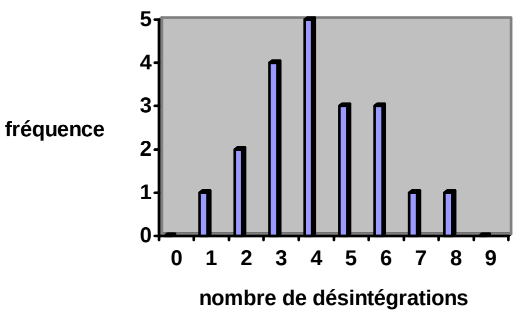
a) On note A_1 l'activité de l'échantillon au début des mesures et A_2 son activité une heure plus tard.

Calculer le rapport $\dfrac{A_1}{A_2}$

L'activité de l'échantillon évolue-t-elle de façon sensible en une heure ?
Pouvait-on prévoir ce résultat ? Expliquer.

Placer la source radioactive à 4,5 cm du détecteur et intercaler quatre écrans de plomb. Effectuer 20 comptages d'une durée de deux secondes chacun. Disposer les résultats dans un tableau

n_i Nombre de désintégrations enregistrées	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f_i Nombre de fois où chaque valeur de n_i a été obtenue	0	1	2	4	5	3	3	1	1	0



b) Tracer l'histogramme représentant f_i en fonction de n_i

c) Quelle caractéristique du phénomène de la radioactivité ces résultats mettent-ils en évidence ?

d) Pourquoi l'activité mesurée par le compteur est-elle beaucoup plus faible que celle de l'échantillon ?

k) A l'aide d'une calculatrice ou d'un tableur, calculer

- la valeur moyenne $\overline{n} = \dfrac{\sum_i n_i f_i}{\sum_i f_i}$
- la variance $v = \dfrac{\sum_i f_i (n_i - \overline{n})^2}{\sum_i f_i}$
- et l'écart type $\sigma = \sqrt{v}$

	n	f	n*f	n-moy	(n-moy)^2	f*(n-moy)^2
	0	0	0	-4,25	18,06	0,00
	1	1	1	-3,25	10,56	10,56
	2	2	4	-2,25	5,06	10,13
	3	4	12	-1,25	1,56	6,25
	4	5	20	-0,25	0,06	0,31
	5	3	15	0,75	0,56	1,69
	6	3	18	1,75	3,06	9,19
	7	1	7	2,75	7,56	7,56
	8	1	8	3,75	14,06	14,06
	9	0				
somme		20	85			59,75

moy	4,25
var	2,99
écart type	1,73

Relier le compteur à un ordinateur. Lancer le logiciel *Aleacrab* et réaliser les mesures correspondant à 200 comptages successifs.

l) Déterminer la valeur la plus probable n_m du nombre de désintégrations en 2 secondes.

m) Comparer la variance et la valeur moyenne. Le phénomène observé obéit-il à la loi de poisson ?

n) Quelle est la probabilité pour que la valeur de n appartienne à l'intervalle $[\overline{n} - 2\sigma ; \overline{n} + 2\sigma]$?

	n	f	n*f	n-moy	(n-moy)^2	f*(n-moy)^2
	0	0	0	-3,92	15,37	0,00
	1	9	9	-2,92	8,53	76,74
	2	34	68	-1,92	3,69	125,34
	3	49	147	-0,92	0,85	41,47
	4	45	180	0,08	0,01	0,29
	5	24	120	1,08	1,17	27,99
	6	22	132	2,08	4,33	95,18
	7	8	56	3,08	9,49	75,89
	8	9	72	4,08	16,65	149,82
	9	0				
somme		200	784			592,72

moy	3,92
var	2,96
écart type	1,72