

**QUELLES SONT LES CARACTÉRISTIQUES DE LA DÉSINTÉGRATION DE NOYAUX RADIOACTIFS ?**

La désintégration d'un noyau radioactif est un phénomène aléatoire. Aucun paramètre extérieur ne joue sur la désintégration d'un noyau radioactif. En particulier, "l'âge" du noyau n'intervient pas. La seule chose que l'on peut donner c'est la probabilité de désintégration du noyau radioactif à une date donnée.

Le but de ce TP est de montrer qu'en revanche, la désintégration d'un grand nombre de noyaux radioactifs est un phénomène prévisible. Si on s'intéresse au nombre moyen de noyaux présents dans un échantillon radioactif, ce nombre obéit à une loi mathématique.

Le TP se déroule en deux parties:

- une partie où l'on établit un parallèle entre la désintégration d'un noyau radioactif et le tirage d'un nombre au dé. Cette partie s'exécute sur le logiciel *Lancer de dés*.
- une deuxième partie expérimentale qui consiste à étudier la décroissance radioactive d'un gaz : le radon 220.

**I- ETUDE D'UN LANCER DE DES**

Pour cette première partie on utilisera le logiciel « lancer\_de\_dés » qui est installé sur les ordinateurs.

Téléchargeable à : <http://webetab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/telechargement/phyter/radioactivite/lancerdedes/index.htm>

**1.1. Caractère aléatoire du tirage d'un nombre au dé**

Démarrer le programme puis choisir *Caractère aléatoire du lancer de dés*.

Effectuer quelques lancers de dé et expliquer en quoi consiste l'expérience ainsi que la construction de la courbe qui s'affiche à l'écran.

.....  
.....  
.....

Peut-on a priori prévoir le résultat du lancer d'un dé? .....

Si le dé a 6 faces, comment peut-on décrire le résultat du lancer? .....

.....  
.....  
.....

**1.2. Lancer d'un grand nombre de dés**

Dans le menu déroulant *Nombre de dés*, choisir *Passer à 100 dés*.

Effectuer quelques lancers puis, dans le menu déroulant *Nombre de dés*, choisir *Passer au diagramme en bâtons*.

Effectuer un grand nombre de lancers en commençant par un lancer à la fois puis ensuite par lot de 20 lancers, puis 200 lancers.

Expliquer en quoi consiste l'expérience. ....  
.....  
.....

Préciser si tous les dés sont relancés à chaque fois. ....

Travaille-t-on avec un nombre de dés constant ? .....

A quoi correspond la courbe qui s'affiche à l'écran ? .....

Préciser ce qui est porté en abscisses et en ordonnées. ....  
.....

Comment évolue cette courbe en fonction du nombre de lancers ? .....

Après avoir effectué le maximum de lancers autorisés par le logiciel, noter l'abscisse du sommet de la courbe et donner la signification de cette valeur. ....  
.....

Expliquer comment cette valeur est liée à la probabilité pour un dé d'afficher le nombre 6. ....  
.....

Première S

Si l'on opérât avec un nombre plus important de dés à 6 faces (1000 ou un million), comment serait modifié le diagramme en bâtons:

- l'abscisse du sommet serait-elle modifiée? .....
- la courbe aurait-elle la même "largeur" à mi-hauteur ? .....

Si l'on opérât avec 100 dés à 10 faces, comment serait modifié le diagramme en bâtons?

- l'abscisse du sommet serait-elle modifiée? .....
- la courbe aurait-elle la même "largeur" à mi-hauteur ? .....

**1.3. Analogie entre la désintégration de noyaux radioactifs et le lancer de dés**

Compléter le tableau ci-dessous

Lancer de dés	Désintégration de noyaux radioactifs
L'affichage d'un 6 par un dé lors d'un lancer possède un caractère aléatoire.	
Pour une population de dés tous identiques, tous les dés ont la même probabilité d'afficher un 6 lors d'un lancer.	
L'affichage d'un 6 par un dé n'affecte pas les dés voisins.	
La probabilité pour un dé d'afficher 6 lors d'un lancer est une constante.	
La probabilité pour un dé à 6 faces d'afficher 6 lors d'un lancer est de 1/6. Pour un dé à 10 faces, elle sera de 1/10. Cette probabilité dépend donc de la nature du dé.	

**1.4. Décroissance du nombre de dés**

Dans le menu déroulant *Fichier*, choisir *Suite ou bien* revenir à la page d'accueil du logiciel et choisir *Décroissance du nombre de dés*.

Effectuer quelques lancers avec 200 dés au départ.

Expliquer en quoi consiste l'expérience. ....  
 .....  
 .....

Le nombre de dés est-il le même à chaque lancer ? .....

Quels sont les dés qui sont éliminés après chaque lancer ? .....

A quoi correspond la courbe qui s'affiche à l'écran ? Préciser soigneusement ce qui est porté en abscisse et en ordonnée.  
 .....  
 .....

La courbe a-t-elle une allure régulière? .....

Vers quelle valeur tend le nombre dés lorsque le nombre de lancers augmente ? .....

Dans le menu déroulant *Nombre de dés*, choisir *Passer à 1000 dés*. Effectuer de nouveau quelques lancers et observer comment évolue le nombre de dés.

La valeur de la limite est-elle la même qu'avec 200 dés ? .....

La courbe présente-t-elle plus ou moins de fluctuations qu'avec 200 dés ? .....

Quel est le phénomène qui peut expliquer la présence de ces fluctuations? .....

Dans le menu déroulant *Nombre de dés*, choisir maintenant *Passer à 1 million de dés*. Observer que l'allure du nuage de points est toujours la même mais que cette fois on observe très peu de fluctuations. Pourquoi ? .....

Garder le lancer de 1 million de dés, remettre à zéro et préparer un tableau (d'au moins 15 lignes) comme suit dans un fichier Excel que l'on créera (Nom du fichier Excel : .....)

Effectuer environ 15 lancers; après chaque lancer recopier le nombre de dés restants dans le tableau Excel.

Puis effectuer les calculs des deux dernières colonnes du tableau suivant.

Numéro du lancer	$N_i$ : nombre de dés juste avant le lancer	$\Delta N_i = N_{i+1} - N_i$	$\Delta N_i / N_i$
1	1 000 000		
2	On reportera ici le nombre dés restant en jeu après le premier lancer.		Dans cette colonne on choisira d'afficher les nombres avec deux décimales simplement.
3			

Expliquer le signe de  $\Delta N_i$ : .....

Que pouvez-vous dire des diverses valeurs de  $\Delta N_i / N_i$ ? .....

On définit "l'activité" A de ces dés comme le nombre moyen de dés éliminés après un lancer.

$A_1$ : nombre moyen de dés éliminés après le lancer n°1,  $A_2$ : nombre moyens de dés éliminés après le lancer n°2, etc ...

Exprimer  $A_i$  en fonction de  $\Delta N_i$ : .....

Que peut-on dire de la suite des nombres  $A_i$  ( $i \geq 1$ ): est-ce une suite monotone? stationnaire? croissante? décroissante?

Quelle relation simple existe-t-il entre l'activité  $A_i$  et le nombre de dés restant juste avant le lancer?

Comment seraient modifiés les résultats précédents si on travaillait avec des dés à 10 faces?

Pour ceux qui veulent aller plus loin:

Considérant que le nombre de dés (ou de noyaux radioactifs) est une fonction du temps  $N(t)$ , le fait que le quotient  $\frac{\Delta N_i}{N_i}$  soit constant

entraîne une relation entre la fonction  $N(t)$  et sa dérivée  $N'(t)$  du type:  $N'(t) = -k N(t)$ . Ce type d'équation s'appelle en mathématiques une équation différentielle. On peut trouver mathématiquement une fonction  $N(t)$  obéissant à l'équation:  $N'(t) = -k N(t)$ . C'est pourquoi la courbe représentant le nombre de dés après chaque lancer en fonction du numéro du lancer est si régulière.

**2. DESINTEGRATION RADIOACTIVE DU RADON 220**

Le radon, de numéro atomique  $Z = 86$ , est un gaz incolore, inodore et chimiquement inerte. L'isotope 220 est un émetteur alpha.

Du radon 220 est recueilli dans une fiole F de 120 cm<sup>3</sup> dont la paroi latérale est tapissée de sulfure de zinc. Cette fiole, dont le fond est transparent, est placée dans un détecteur. Lorsqu'une particule alpha (émise lors de la désintégration d'un noyau de radon 220) heurte le sulfure de zinc, de la lumière est émise et atteint le détecteur. Celui-ci transforme cette impulsion lumineuse en une décharge électrique qui est comptabilisée. Compte tenu de l'efficacité du détecteur, nécessairement inférieure à 100% mais constante, le nombre d'évènements détectés sur une durée  $\Delta t$  fixée est proportionnel au nombre de noyaux qui se sont transmutés pendant cette même durée  $\Delta t$ .

**Protocole**

- Le détecteur est branché sur le secteur et est relié à l'ordinateur par la voie série. Démarrer le logiciel Radon.
- Le radon 220 est prélevé à partir d'une fiole « source »  $F_0$  dans laquelle est placé un minerai contenant un dérivé solide du thorium 232 qui produit en permanence du radon 220.
- Dans une seconde fiole F, on a créé à l'aide d'une pompe une dépression contrôlée (« vide partiel » de -70 kPa ou -50 kPa).
- Grâce à un tuyau souple on relie la fiole  $F_0$  contenant le radon 220 à la fiole F dans laquelle on a créé la dépression ainsi on prélève par aspiration du radon 220 dans la fiole d'expérimentation. La quantité de radon 220 prélevée, et donc le nombre de noyaux de radon 220, est proportionnelle à la dépression réalisée dans la fiole F.
- Placer la fiole F dans le réceptacle du détecteur. Refermer le couvercle.
- Démarrer l'acquisition (la valeur par défaut de comptage pendant 5 s convient).
- L'acquisition doit être effectuée pendant environ 8 minutes.
- A la fin de l'acquisition modéliser la courbe avec l'aide du professeur.
- Imprimer la courbe expérimentale et la modélisation (courbe expérimentale: + d'épaisseur moyenne; modélisation: points reliés d'épaisseur moyenne).

**Questions:**

2.1. Quelles sont les grandeurs portées en abscisse et en ordonnée sur la courbe?

Première S

2.2. Le nombre de noyaux de radon 220 se désintégrant entre les dates  $t$  et  $(t + 5)$  secondes est proportionnel au nombre de noyaux de radon 220 présents à la date  $t$ . Expliquer pourquoi on peut dire que la courbe représente l'évolution du nombre de noyaux de radon 220 avec le temps.

.....  
 .....  
 .....

2.3. La courbe expérimentale est-elle régulièrement décroissante ? Si non, proposez une explication.

.....  
 .....

2.4. La courbe de tendance est la représentation graphique d'une fonction  $N(t)$  où  $N$  désigne un nombre de noyaux. On note  $N_0$  le nombre initial de noyaux. A l'aide de **constructions et de lectures graphiques soignées**, compléter le tableau suivant:

Nombre de noyaux	Date (s)
$N_0$	0
$\frac{N_0}{2}$	$t = \dots\dots\dots$
$\frac{N_0}{4}$	$t' = \dots\dots\dots$
$\frac{N_0}{8}$	$t'' = \dots\dots\dots$

2.5. La durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents se sont désintégrés s'appelle **la demi-vie** et se note  $T_{1/2}$ . Quelle grandeur du tableau précédent correspond à  $T_{1/2}$ ? .....

Comparer la valeur trouvée pour  $T_{1/2}$  et celle indiquée dans les tables pour le radon 220 (55,6 s).  
 .....  
 .....

2.6. D'après les valeurs indiquées dans le tableau, quelle est la relation entre  $t'$  et  $T_{1/2}$  ? entre  $t''$  et  $T_{1/2}$  ?  
 .....  
 .....

2.7. On définit la suite de nombres  $u_n$  ( $n \geq 0$ ) de la façon suivante:  
 $u_n$  est égal au nombre noyaux de radon 220 présents à la date  $t = n \times T_{1/2}$ .  
 Donner l'expression générale de  $u_n$  en fonction de  $u_{n-1}$  puis de  $N_0$  et caractériser cette suite (suite géométrique ? arithmétique ?).  
 En déduire l'expression de  $N(t)$ , nombre de noyaux à la date  $t$ , en fonction de  $N_0$ ,  $t$  et  $T_{1/2}$   
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

2.8. Si on refaisait l'expérience avec une autre dépression initiale dans la fiole F, quelles seraient les valeurs qui seraient modifiées  $N_0$ ,  $T_{1/2}$ , les deux ou aucune?  
 .....  
 .....