

scienceinfuse

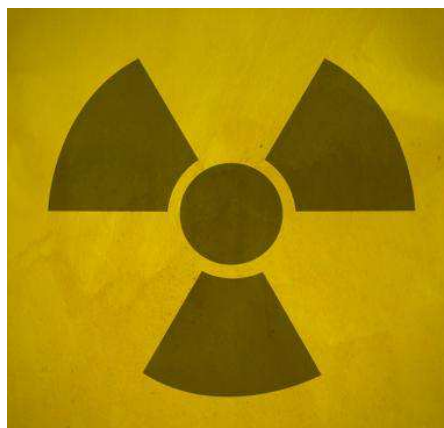
ANTENNE DE FORMATION ET DE PROMOTION DU SECTEUR SCIENCES & TECHNOLOGIES



PHYSIQUE



La machine à désintégrer le temps



© Geek3

Ce dossier s'inspire du travail réalisé par Jean-Michel Louys dans le cadre de l'agrégation 2013-2014

UCL

Scienceinfuse • Antenne de formation et de promotion du secteur sciences & technologies
rue des Wallons 72 L6.02.01 • 1348 Louvain-la-Neuve

Introduction

L'homme a toujours voulu connaître son origine, son évolution, son âge... Malheureusement, il n'y a pas toujours eu de scribe pour tout répertorier et à part Marty et le Doc, nous ne connaissons personne capable de remonter le temps !

Et si les éléments présents dans la nature nous permettaient de réaliser ce voyage à travers les âges ? Si les phénomènes que nous pouvons observer étaient de vraies horloges... Etablir leur modèle mathématique permettrait de remonter le temps et de connaître la date de leur commencement, leur évolution. C'est ce que nous allons démontrer à travers cette expérience. Alors, prêt pour le voyage...?

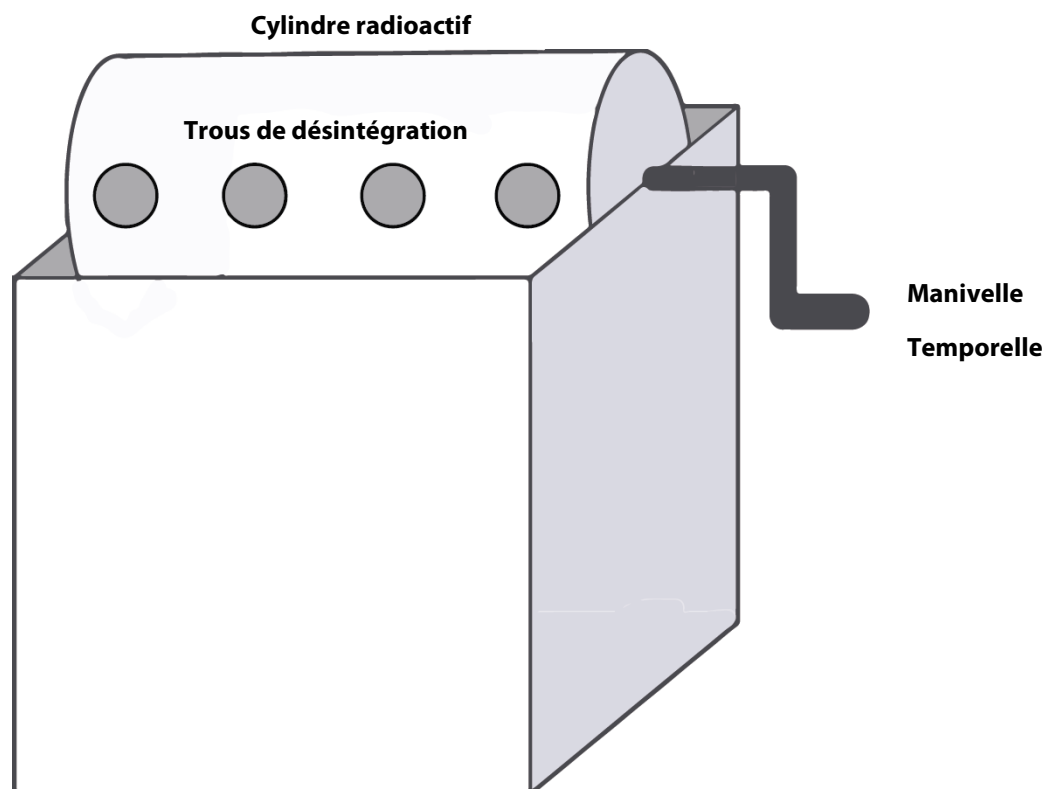
Le modèle

Dans l'univers de la science, l'étude de n'importe quel phénomène serait facilitée si elle pouvait s'effectuait directement sur le sujet étudié. S'il semble plus facile de mener une étude sur des plantes, certains animaux, des roches et bien d'autres choses, il n'en est pas de même pour la plupart des sujets d'étude. Lorsque l'échantillon est plus grand que l'enceinte du laboratoire, que l'on ne peut se le procurer soit à cause de son prix ou sa rareté, ou lorsque sa dangerosité est connue de tous, la construction d'un modèle le représentant devient indispensable. La simulation permet alors d'étudier et de comprendre l'objet de l'étude. En voulant étudier la désintégration radioactive des atomes d'un matériau, nous nous trouvons bien de ce dernier cas de figure et la nécessité d'un modèle s'impose.

Matériel

Les boîtes élèves contiennent chacune le même matériel :

- 1 cylindre en plastique transparent percé de 4 trous équidistants de même diamètre
- 1 manivelle
- 50 billes blanches de 6 mm de diamètre
- 100 billes colorées de 3 mm de diamètre
- Une boîte en carton entaillée sur deux côtés servant de support



La préparation

MANUTENTION ET MODE OPÉRATOIRE

L'outil que nous utiliserons pour cette manipulation est donc un cylindre « radioactif » percé de quatre trous équidistants de même diamètre. Avant chaque expérience :

- Veillez à remplir le cylindre d'une quantité spécifique de billes, représentant les atomes radioactifs en ouvrant le couvercle noir du cylindre transparent.
- Placez les deux extrémités du cylindre au niveau des entailles de la boîte en carton. Vérifier que les billes ne se superposent pas à l'intérieur du cylindre. *Pourquoi?*
- Une manivelle permet de mettre le cylindre en mouvement et aux billes d'en sortir par les différents trous. Elles s'échappent alors aléatoirement et sont récupérées dans la boîte afin d'être comptabilisées.



Avant de commencer l'expérience, décidez chacun de votre rôle dans votre groupe :

- **Le technicien** : Lors de l'expérience, il devra toujours veiller à placer le dispositif le plus horizontalement possible et de tourner la manivelle de façon régulière, sans l'élaner.
- **Le comptable** : A chaque fin de série, il devra compter les billes échappées du cylindre radioactif et en déduire les billes restantes.
- **Le secrétaire** : Il notera les résultats dans les tableaux prévus à cet effet que vous trouverez sur les prochaines pages.

La manipulation

EXPÉRIENCE 1

Cette expérience sera réalisée deux fois, sous les labels Cycle 1 et Cycle 2. Chaque cycle regroupe les résultats de 5 séries. Chaque série correspond à 3 tours de manivelle. A chaque fin de série, le comptable comptabilise les billes échappées hors du cylindre et calcule le nombre restant à l'intérieur. Le secrétaire note ce résultat intermédiaire dans la colonne correspondante du tableau ci-dessous. Un fois les résultats des deux cycles inscrits, calculez en groupe la moyenne de ces résultats et complétez le tableau.

Questions préliminaires :

- Que représente en terme scientifique une série de tours de manivelle ?

La dimension temporelle de l'expérience est représentée par une série de tours de manivelle.

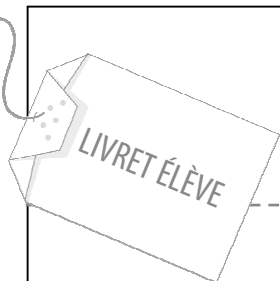
- Les billes ont elles toutes la même probabilité de s'échapper du cylindre? Justifiez votre réponse

Oui, par approximation car les trous et les billes sont sensés être identiques. Ce qui équivaut à dire que chaque atome a la même probabilité de se désintégrer.

1. Complétez le tableau par groupe

Avant de commencer l'expérience veillez à remplir le cylindre radioactif de 50 billes de 6 mm de diamètre .

Nombre de bille initial : 50	SERIE 1 Nombre de billes restantes	SERIE 2 Nombre de billes restantes	SERIE 3 Nombre de billes restantes	SERIE 4 Nombre de billes restantes	SERIE 5 Nombre de billes restantes
Cycle 1					
Cycle 2					
Moyenne					

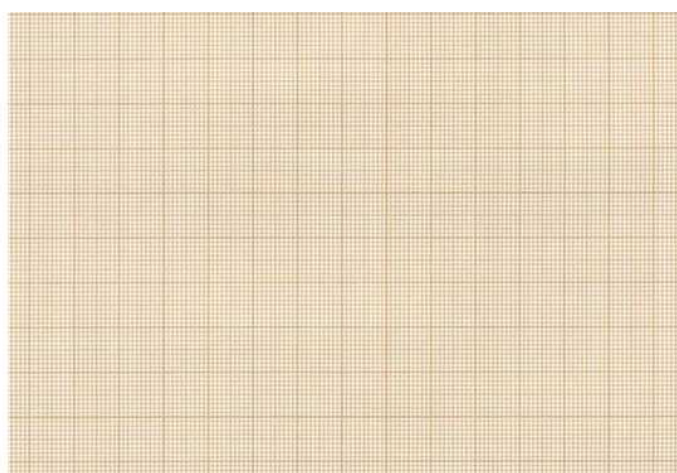


2. Tracez le graphe de la moyenne du nombre de billes restantes N en fonction du numéro de série T sur le papier millimétré ci-dessous. Prenez la valeur de N_0 pour $T=0$.

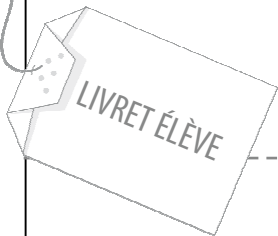


3. Déterminez l'allure de cette courbe (parabole, exponentielle?) Justifier graphiquement votre réponse ci-dessous.

L'allure de la courbe est une exponentielle décroissante. La justification graphique tient dans l'alignement des points lorsque l'on prend le logarithme des valeurs obtenues.



Le graphe du nombre de billes restantes N en fonction de T est une fonction



LIVRET ÉLÈVE

La manipulation

EXPÉRIENCE 2

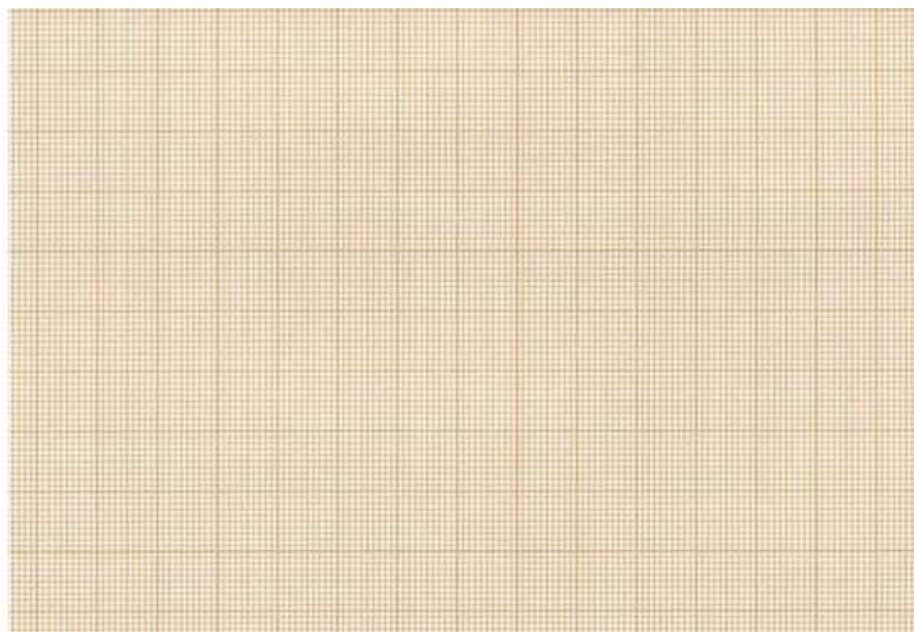
1. Complétez le tableau par groupe

Réitérez la démarche de l'expérience 1.

Avant de commencer l'expérience veuillez à remplir le cylindre radioactif de 100 billes de 3 mm de diamètre.

Nombre de bille initial : 100	SERIE 1 Nombre de billes restantes	SERIE 2 Nombre de billes restantes	SERIE 3 Nombre de billes restantes	SERIE 4 Nombre de billes restantes	SERIE 5 Nombre de billes restantes
Cycle 1					
Cycle 2					
Moyenne					

2. Tracez le graphe du logarithme Népérien de la moyenne du nombre de billes restantes N en fonction du nombre de série T



3. Calculez la pente de cette fonction et comparez la à celle obtenue à l'expérience 1 .
Quelle signification physique pourrait-on lui donner?

Le calcul de la pente se réalise avec la formule $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

4. Trouvez une expression mathématique du nombre de billes restantes N en fonction du numéro de série T^* .

Puisque nous obtenons une droite : $\ln N = kT + p$

Prenons l'exponentiel de chaque terme : $e^{\ln N} = e^{kT+p}$

$$N = e^{kT} e^p$$

Remarquons que e^p correspond exactement à N_0

On obtient : $N(T) = N_0 e^{kT}$

Remarquons enfin que k est négatif. Cette fonction représente la loi de désintégration radioactive que nous noterons : $N(T) = N_0 e^{-\lambda T}$ avec $k = -\lambda$

5. Calculez le nombre de tours pour lequel le nombre de billes devrait être réduit de moitié en utilisant comme notation $T_{1/2}$ (temps de demi-vie) . Vérifiez votre résultat expérimentalement

A ce moment précis, N doit valoir : $N = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$

Ce qui donne $2 = e^{\lambda T}$

Enfin $\frac{\ln 2}{\lambda} = T_{1/2}$

* : Si $\ln y = kx$ alors $e^{\ln y} = e^{kx}$ et donc $y = e^{kx}$

Restructuration

QUESTIONS DE RÉFLEXION

1. La radioactivité d'un matériau est le phénomène physique de désintégration d'un atome de ce matériau en un autre atome plus stable. On peut la mesurer grâce à l'Activité correspondant au nombre de désintégration par seconde, l'unité est le Becquerel (Bq).

Partant de cette définition et en vous aidant des résultats obtenus des expériences 1 et 2, quel est selon vous le type de bille le plus radioactif dans ce modèle?

Les billes qui ont leur diamètre plus petit s'échappent plus rapidement par les trous de désintégration. Elles sont donc considérées comme plus radioactives.

2. **Quel paramètre caractérise la radioactivité d'un matériau donné? Aidez vous des calculs de pente et justifiez votre réponse. Comment varie-t-il avec le temps de demi-vie $T_{1/2}$?**

La pente de la droite obtenue lorsqu'on prend le logarithme des valeurs mesurées. Cette pente est l'opposé du paramètre λ , caractéristique de l'élément radioactif.

- 3. Comment pourriez-vous modéliser un matériau plus radioactif autrement qu'en variant le diamètre des billes présentes dans le cylindre?**

En augmentant le nombre de trous de désintégration dans le cylindre ou encore en diminuant la vitesse de rotation

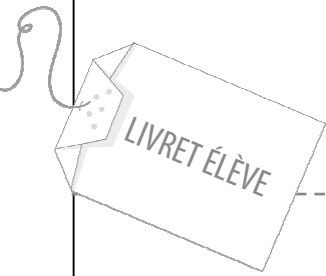
- 4. A partir d'un nombre déterminé de billes restantes dans le cylindre radioactif, comment pourriez vous déterminer le nombre de tours de manivelle effectué?**

Puisque nous avons étudié ce type de billes, le paramètre λ est connu. Il suffit d'utiliser la formule suivant avec comme données N et N_0 :

$$e^{\lambda t} = \frac{N_0}{N} \quad \text{et} \quad T = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{N_0}{N} \right)$$

- 5. Que signifie physiquement un cylindre radioactif contenant au départ deux types de billes de diamètres différents?**

Un mélange d'isotopes ou d'éléments radioactifs différents. Ce qui sera plus souvent le cas en réalité.



Remerciements

UCL – AGREGATION 2013/14

Travail réalisé par
Louys Jean-Michel et Ngueguim Gaston