

## TP N°3 : CARACTERE ALEATOIRE DU PHENOMENE DE DESINTEGRATION RADIOACTIVE

### Matériel :

- Dispositif appelé C.R.A.B. (compteur de radioactivité  $\beta$  et  $\gamma$ ) qui comprend :
  - ✓ Un compteur de radiations, de type Geiger-Müller, capable de détecter des  $\beta$  et  $\gamma$
  - ✓ Une source au césium 137 ( $^{137}_{55}\text{Cs}$ ), émettrice de rayonnement  $\beta^-$  et  $\gamma$
  - ✓ Des écrans de plomb, qui absorbent une partie des  $\gamma$  (et tous les  $\beta$ )

Remarque : Les deux faces du disque support de la source ne sont pas identiques. Le côté où se trouve le sigle trisecteur n'émet que des rayonnements  $\gamma$  ; le côté opposé émet des rayonnements  $\beta^-$  et  $\gamma$ .

- Ordinateur avec logiciel Excel

### Objectifs :

- Savoir qu'un phénomène aléatoire à l'échelle microscopique peut obéir à une loi de probabilité à l'échelle macroscopique.
- Réaliser une série de comptages relatifs à une désintégration radioactive <sup>chap 4 – (15)</sup>.
- À partir d'une série de mesures, utiliser un tableur ou une calculatrice pour calculer la moyenne, la variance et l'écart-type du nombre de désintégrations enregistrées pendant un intervalle de temps donné <sup>chap 4 – (16)</sup>.

### A savoir au préalable :

- Une transformation radioactive se produit quand le noyau d'un atome se transforme spontanément et l'événement peut être détecté par un compteur.
- Une source radioactive simple est constituée par un échantillon de matière contenant un nombre  $N$  très grand de noyaux radioactifs identiques.

### Réflexion pour le professeur :

- Le professeur se souviendra que le **compteur ne détecte pas tous les événements** survenus au sein de l'échantillon pendant la durée du comptage. D'une part, **la source émet dans toutes les directions** mais seules les particules reçues par le compteur peuvent être comptées ; d'autre part, **l'efficacité de ce compteur n'est pas égale à 100 % !**
- Il faudra donc faire admettre aux élèves que, pour une distance constante de la source au compteur, **le nombre affiché par le compteur est proportionnel au nombre de noyaux  $\Delta N$  qui se sont désintégrés pendant la durée du comptage.**
- **L'étude** menée ci-dessous **n'est possible que parce que le nombre de noyaux qui se sont désintégrés pendant la durée de la séance expérimentale est négligeable par rapport au nombre de noyaux radioactifs présents** dans l'échantillon. On peut alors considérer que la diminution du nombre  $N$  de noyaux radioactifs de cette source est négligeable pendant la séance.

### Introduction :

- On se trouve en présence d'un nouveau phénomène qui possède des caractéristiques bien particulières : il ne varie ni en fonction de la température, d'un quelconque catalyseur, on ne peut l'accélérer, ni l'arrêter ... Est ce alors quelque chose d'immuable ?



- On leur explique que chaque groupe d'élèves va venir mesurer le nombre  $d_i$  de désintégrations (d'événements) détectés par le compteur pendant  $\Delta t = 2$  s, dans les mêmes conditions expérimentales.
- On fait faire une mesure à chaque binôme : pouvez-vous prévoir le résultat des mesures qu'ont effectués les autres binômes ? Pourquoi ?

La majorité des élèves va prévoir que les résultats seront comparables aux incertitudes de mesure près, puisque les conditions expérimentales sont les mêmes. L'obtention de comptages dont les valeurs peuvent varier du simple au double va infirmer cette hypothèse naturelle.

### **I Mise en évidence du caractère aléatoire des désintégrations et traitement statistique :**

- 1) Manipulation : (voir fichier Excel)

#### Rappel prof :

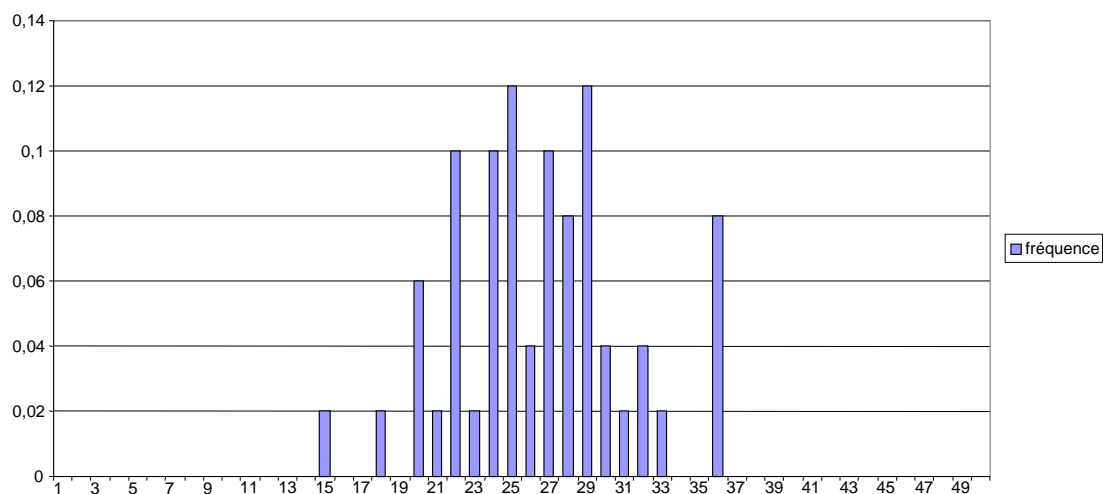
On a tracé l'histogramme  $n_i = f(d_i)$  (comptage-effectif). On peut remplacer l'effectif de chaque comptage par sa fréquence : On rappelle que la fréquence est le rapport du nombre d'occurrences d'un résultat de comptage et du nombre total de comptages ; ainsi, si on obtient 20 fois le résultat  $n = 18$  sur 200 comptages, la fréquence de  $n = 18$  est  $f = 0.1$ .

On obtient de toute façon la même forme de graphique.

- 2) Questions :

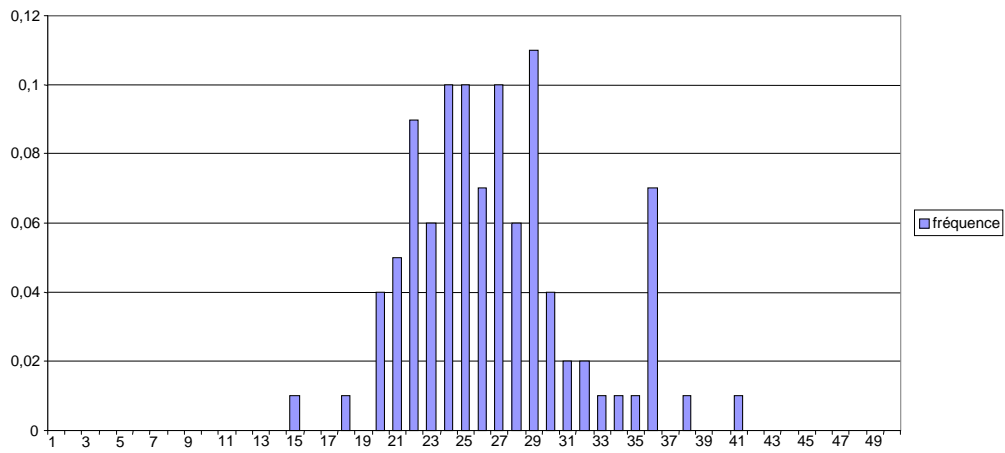
- a. Car si la source est déplacée, vu qu'elle émet dans toutes les directions, de nombreuses désintégrations ne seront pas comptées.
- b. Non les valeurs ne sont pas également réparties autour d'une valeur moyenne, en tout cas pour 50 comptages.  
Si le nombre de comptage augmente, alors les valeurs se répartissent de plus en plus régulièrement (leur montrer la succession de courbes pour 50, 100, 200 et 500 comptages : fin du doc).
- c. Pour un intervalle de temps donné, lorsque le nombre d'observations augmente, la valeur moyenne du nombre de désintégrations et l'écart type se stabilisent (leur montrer les courbes correspondantes : fin du doc).

statistique sur 50 comptages :

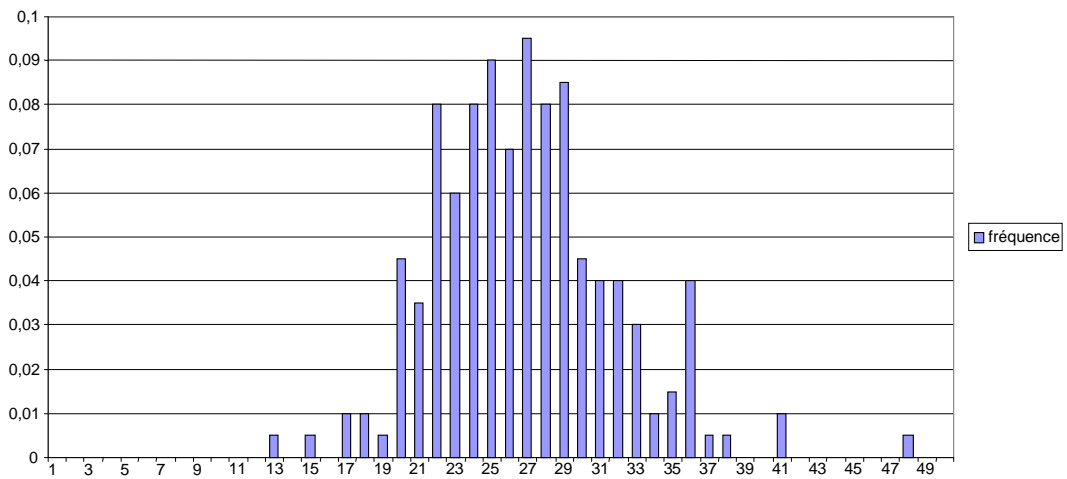




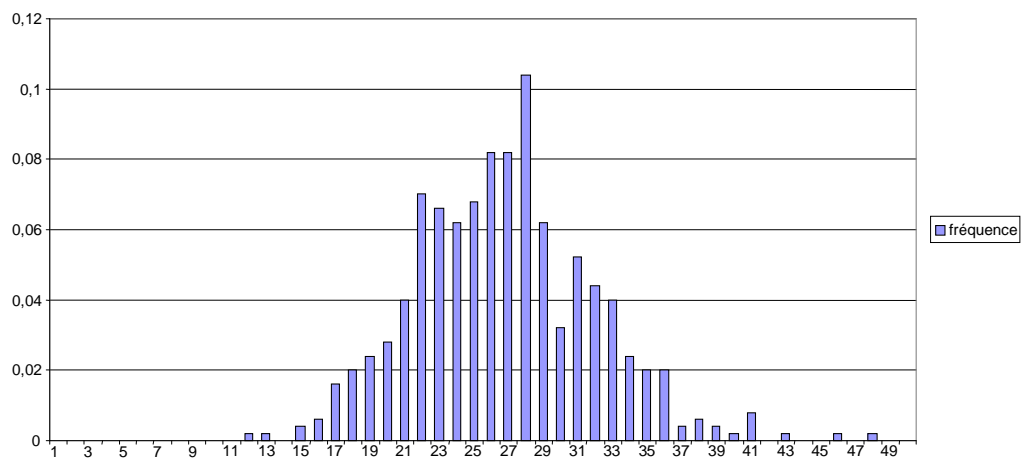
statistique sur 100 comptages :



statistique sur 200 comptages :

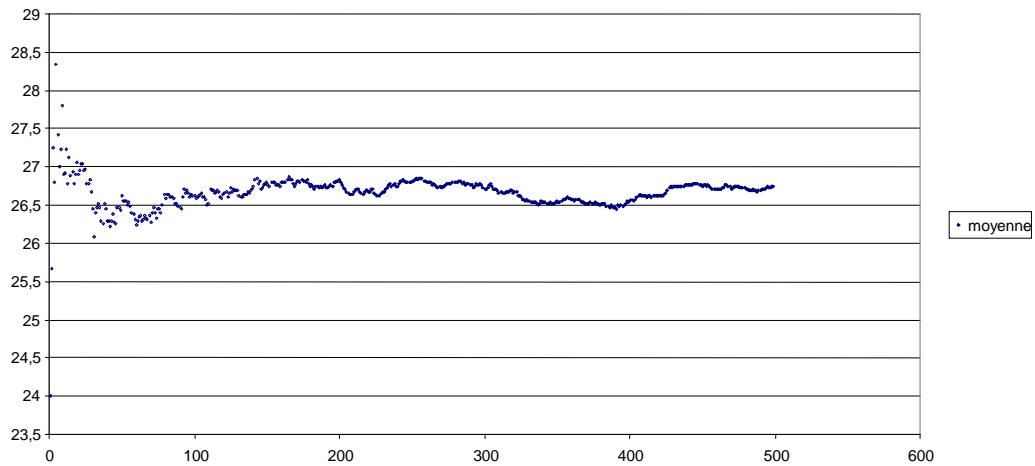


statistique sur 500 comptages :

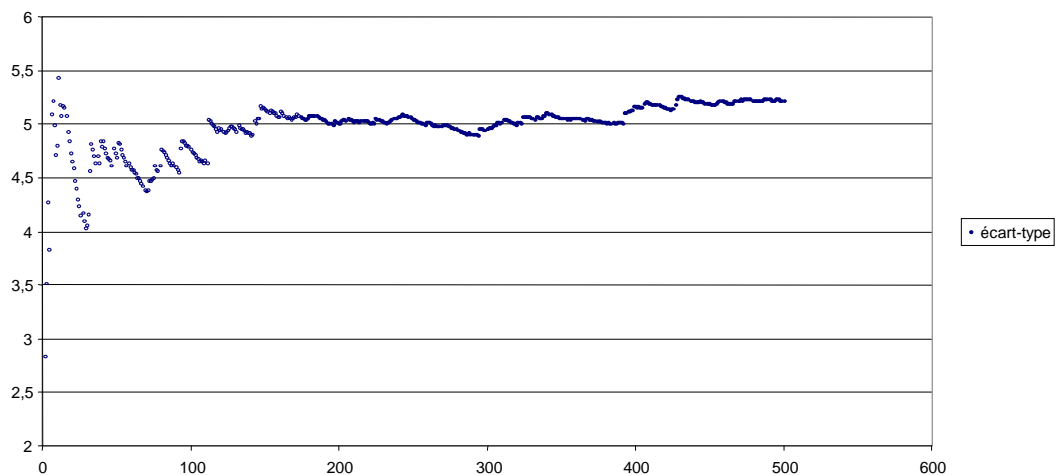




évolution de la moyenne des comptages :



évolution de l'écart-type :



## II Comparaison avec des tirages de dés :

Cette comparaison permet de vérifier que l'on obtient des formes de courbes similaires grâce à l'étude d'un phénomène aléatoire :

a. On voit à partir de graphes obtenus qu'il y a de grosses similitudes entre la désintégration radioactive et un phénomène de tirage aléatoire.

### b. Conclusion :

La désintégration d'un ensemble de noyaux radioactifs est un phénomène qui présente des fluctuations. Mais, en multipliant les comptages pour un temps d'observation donné, on peut caractériser le résultat par sa moyenne et son écart-type. Par analogie avec des séries de jets de dés, on peut envisager **comme hypothèse à vérifier** que la désintégration radioactive est un phénomène aléatoire :

- on ne peut savoir quand un noyau va se transformer
- on ne peut attribuer à chaque noyau qu'une probabilité de se désintégrer dans le temps de la durée d'un comptage, ce qui pourrait expliquer les fluctuations qui ont été constatées au cours de cette activité.