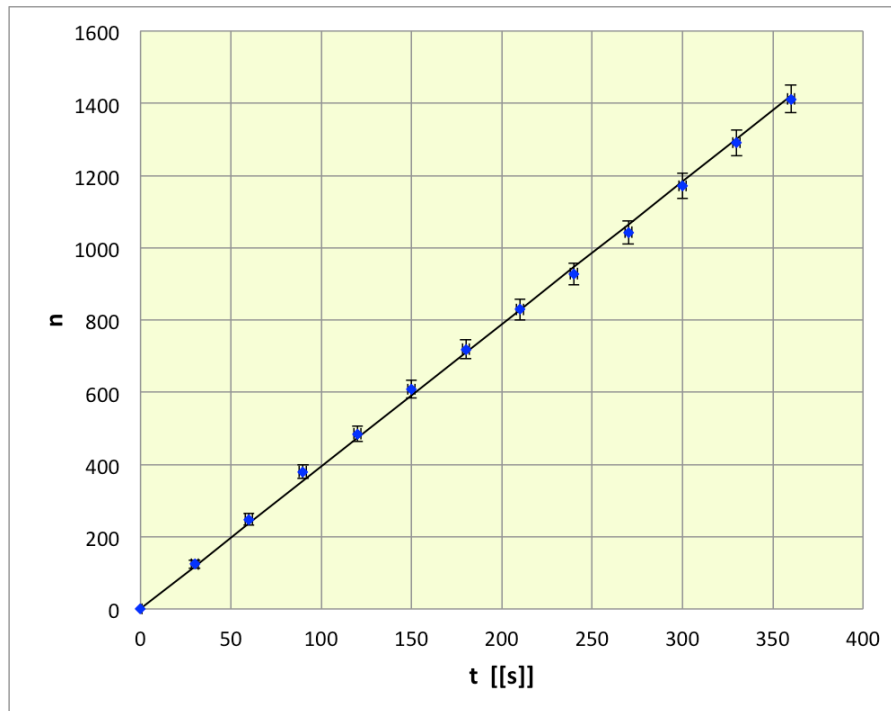


RADIOACTIVITÉ - corrigé du TP

1. Étude de l'émission

- Après avoir placé la source à 2 cm du détecteur, on note le nombre de particules détectées après chaque intervalle de 30 s. On vérifie la proportionnalité, avec pourtant un aspect aléatoire des émissions (la proportionnalité n'est que statistique).



Le coefficient de proportionnalité ajusté donne l'activité détectée : $3,94 \pm 0,05$ Bq.

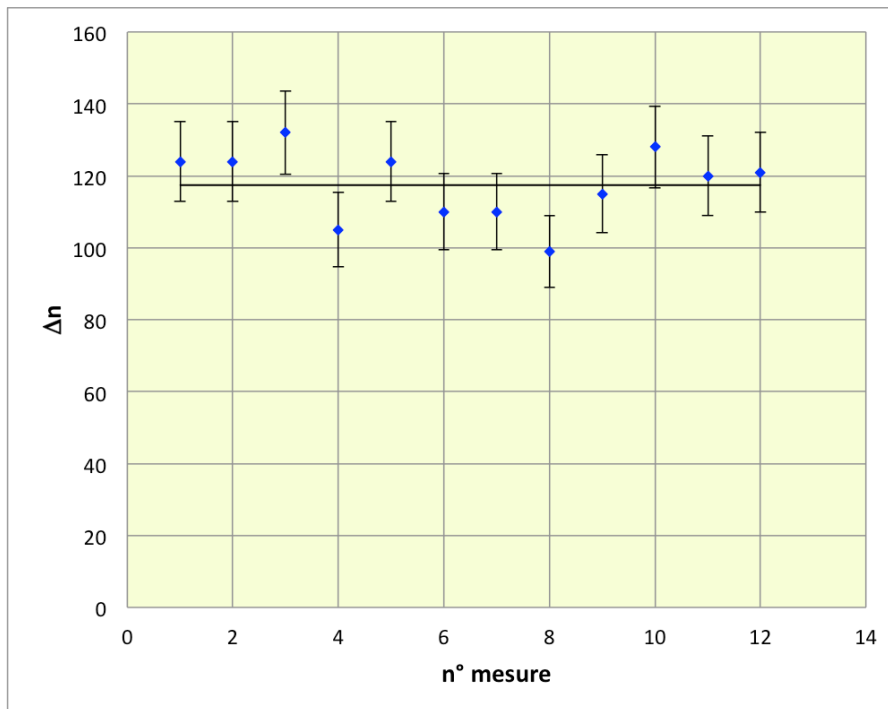
- On peut suggérer que, pour cette présentation, l'ajustement d'une droite passant par l'origine ait l'inconvénient que chacun des nombres successifs dépende des nombres précédents, ce qui pourrait biaiser l'estimation en introduisant des corrélations mal maîtrisées. Pour éviter cela, il aurait fallu repartir de $t = 0$ pour chaque mesure (mais ceci nécessite bien plus de temps).

Certains préfèrent alors utiliser seulement le dernier point, qui est statistiquement plus précis. Ceci donne pour activité détectée : $3,92 \pm 0,19$ Bq ; mais cette valeur ne tient pas compte du fait que le graphique confirme la proportionnalité : l'incertitude est surestimée puisque toutes les mesures intermédiaires contribuent à confirmer ce résultat.

- On pourrait en principe proposer une méthode plus statistique : tracer l'histogramme du nombre d'intervalles (tous de 30 s) en fonction du nombre de particules détectées sur ces intervalles. En ajustant une gaussienne, centrée sur le nombre moyen de détection, on en déduirait l'activité ; l'écart type permettrait de calculer l'incertitude. Cette méthode nécessiterait toutefois nettement plus qu'une douzaine d'intervalles (au moins une cinquantaine).

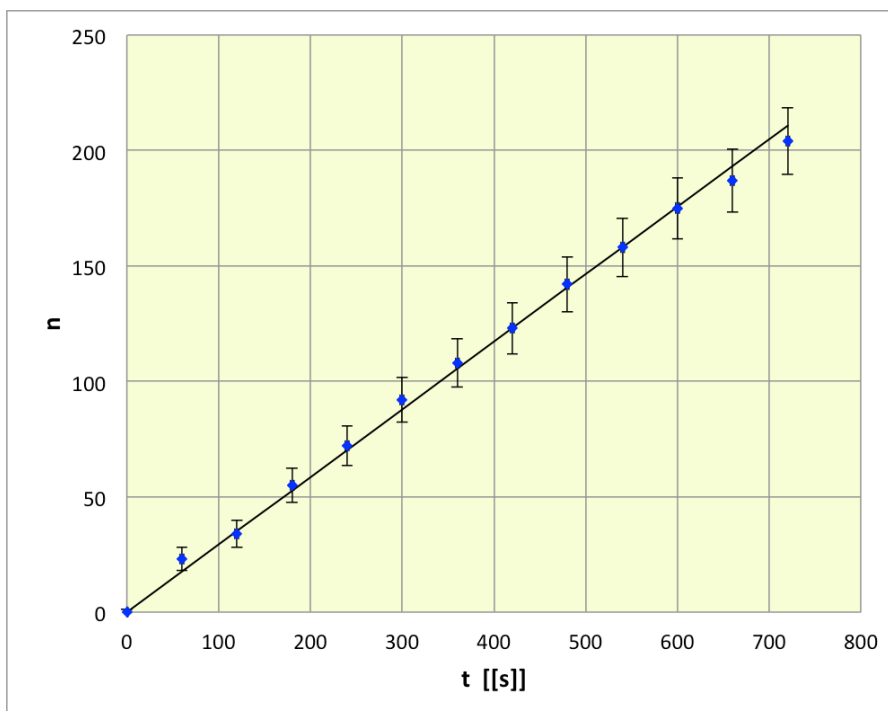
- Une autre présentation par contre peut être proposée, comparant les nombres de détections pour chaque intervalle séparément. Cela a l'avantage de tenir compte non seulement de la statistique sur la durée totale, mais aussi des mesures sur les durées intermédiaires.

La constante ajustée donne l'activité détectée : $3,91 \pm 0,13$ Bq. Ce résultat est compatible avec le précédent, mais il est surtout plus précis.



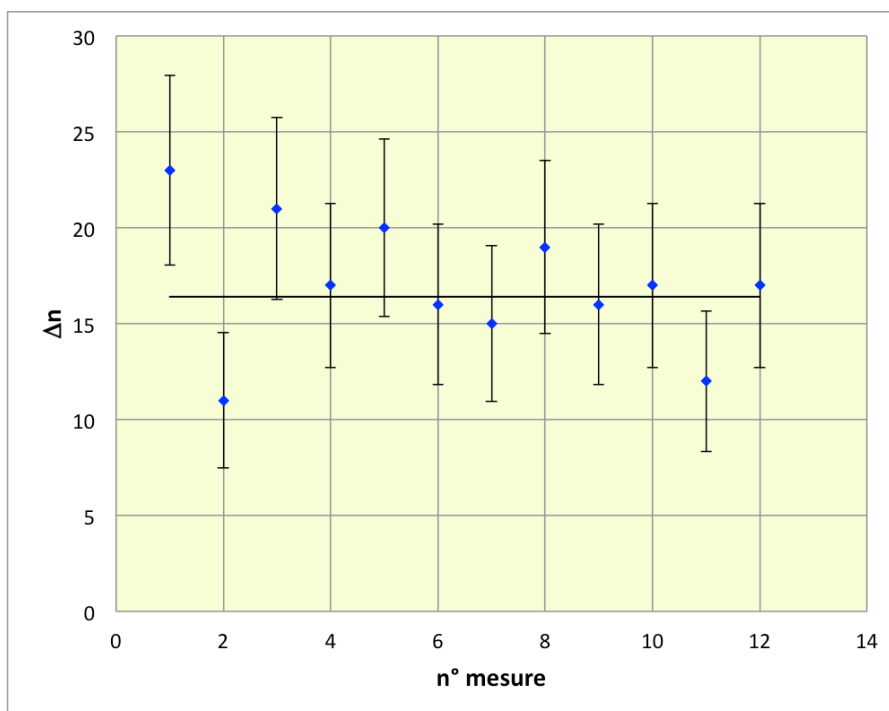
Prise en compte du bruit de fond

• On peut procéder de même pour mesurer le bruit de fond, en plaçant le détecteur “à l’écart” de la source radioactive. On choisit toutefois ici des intervalles de 60 s car ce signal est nettement plus faible que le précédent.



Le coefficient de proportionnalité pour la première méthode donne l'activité de “bruit” : $0,293 \pm 0,008 \text{ Bq}$.

La constante pour l'autre méthode donne l'activité de “bruit” : $0,273 \pm 0,021 \text{ Bq}$ (ce résultat semble plus sensible aux fluctuations associées à la plus faible statistique).



• En adoptant la seconde méthode, on obtient pour l'activité détectée de la source (corrigée du bruit de fond) : $(3,91 \pm 0,13) - (0,273 \pm 0,021) = 3,64 \pm 0,14$ Bq.

Il est ensuite évident que pour calculer l'activité (totale) de la source, même si on suppose que le rendement du détecteur est très proche de 100 %, il faudrait en plus connaître l'acceptance du détecteur (probablement de l'ordre de 1 à 10 % d'après la géométrie du montage).

2. Étude de l'absorption

• On utilise une source de ^{226}Ra (de 3300 Bq), devant laquelle on place le détecteur à 2 cm.

En intercalant une épaisseur plus ou moins grande de papier, d'aluminium, ou de plomb, on effectue des séries de mesures afin de pouvoir distinguer les effets respectifs des radioactivités α , β et γ .

Détermination préalable du bruit de fond

• On effectue deux mesures indépendantes, avec des dispositions différentes du compteur Geiger (en l'absence de la source) :

650 particules en 30 min, correspondant à $0,361 \pm 0,014$ Bq ;

310 particules en 20 min, correspondant à $0,258 \pm 0,015$ Bq.

L'écart entre les deux résultats est assez grand : $\frac{0,361 - 0,258}{0,014 + 0,015} \approx 3,6$; cela suggère que l'activité détectée dépend nettement du placement précis du capteur.

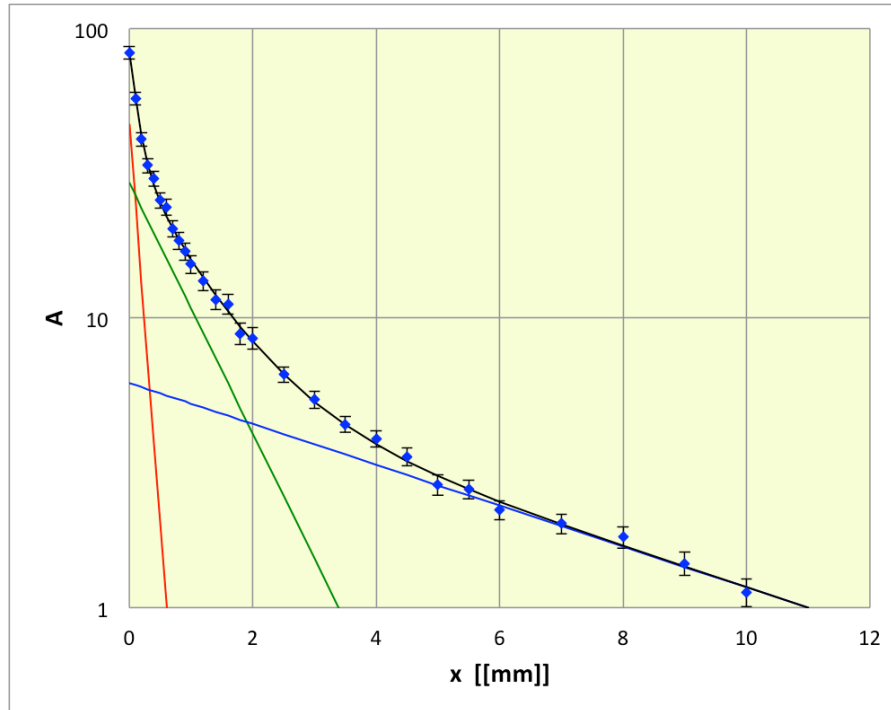
Compte tenu de ces variations, on peut estimer le bruit de fond "moyen" à : $0,313 \pm 0,052$ Bq.

♦ remarque : cette moyenne et son écart type sont estimés en pondérant chacune des deux mesures par l'inverse du carré de son écart type.

♦ remarque : le détecteur étant le même, cette estimation peut être comparée à celle obtenue par les groupes ayant effectué la première partie : $0,273 \pm 0,021$ Bq ; les résultats ne sont pas incompatibles, mais sont tout de même notablement différents.

Absorption par le papier

• Pour le papier, les feuilles ont une épaisseur de 0,1 mm. La représentation de l'activité mesurée (corrigée du bruit de fond) en fonction de l'épaisseur de matériau est bien modélisée par la somme de trois exponentielles.



Au niveau du détecteur, les activités "initiales" (sans absorption) sont respectivement :

$$A_{0\alpha} = 46,6 \pm 4,0 \text{ Bq} ; A_{0\beta} = 29,3 \pm 2,9 \text{ Bq} ; A_{0\gamma} = 5,96 \pm 1,04 \text{ Bq}.$$

Les "longueurs d'atténuation" (en moyenne pour chaque cas, car elles augmentent avec l'énergie des particules) sont respectivement :

$$\ell_{\alpha} = 0,158 \pm 0,028 \text{ mm} ; \ell_{\beta} = 1,00 \pm 0,13 \text{ mm} ; \ell_{\gamma} = 6,16 \pm 0,83 \text{ mm}.$$

♦ remarque : les valeurs trouvées dans les publications scientifiques donnent plutôt $\ell_{\gamma} \approx 3 \text{ m}$ (pour un composé $C_xH_yO_z$ de la masse volumique du papier) ; cela montre qu'il subsiste dans cette expérience une part d'inconnu.

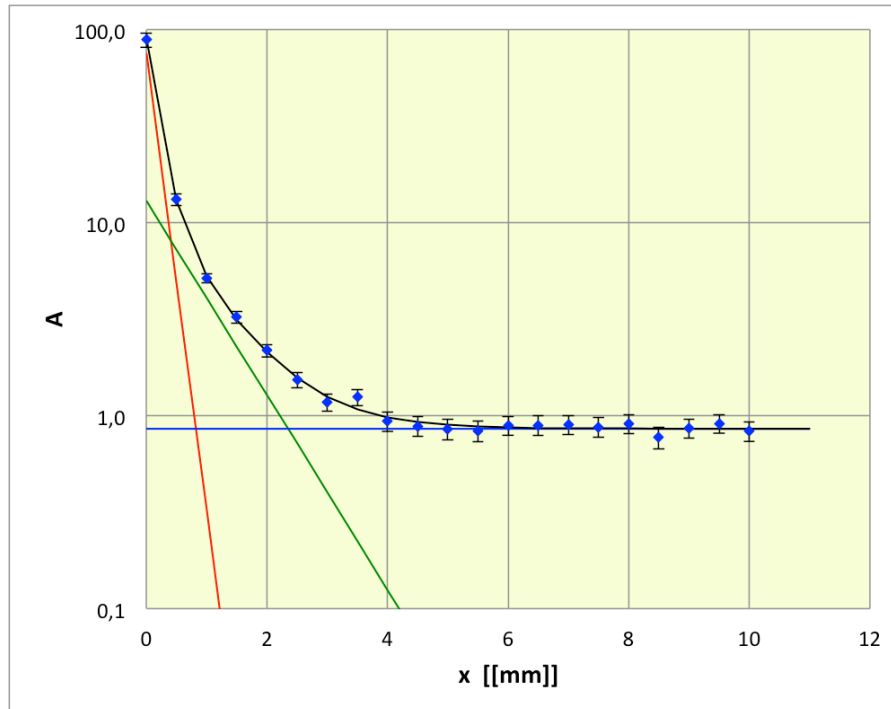
• On constate que les particules α , nettement plus massives, interagissent le plus avec le matériau absorbant ; les photons γ interagissent le moins.

Globalement, la chaîne de désintégration de ^{226}Ra implique 5 α pour seulement 4 β^- ; on observe effectivement plus de α , mais la proportion est plus proche de 6/4 que de 5/4. Or, l'absorption intermédiaire (par tout ce qui peut se trouver d'autre entre source et détecteur) ne peut que diminuer cette proportion ; les données mesurées ne permettent donc pas de résoudre totalement le problème.

♦ remarque : les déterminations précédentes ne détaillent pas les corrélations dues aux interactions induites dans le papier.

Absorption par l'aluminium

• Pour l'aluminium, les plaques ont diverses épaisseurs permettant (par associations judicieuses) de régler l'épaisseur totale par 0,5 mm. La représentation de l'activité mesurée (corrigée du bruit de fond) en fonction de l'épaisseur de matériau est bien modélisée par la somme de trois exponentielles.



Au niveau du détecteur, les activités “initiales” (sans absorption) sont respectivement :

$$A_{0\alpha} = 75,1 \pm 9,5 \text{ Bq} ; A_{0\beta} = 13,0 \pm 2,0 \text{ Bq} ; A_{0\gamma} = 0,85 \pm 0,04 \text{ Bq}.$$

Les “longueurs d'atténuation” (en moyenne pour chaque cas, car elles augmentent avec l'énergie des particules) sont respectivement :

$$\ell_{\alpha} = 0,184 \pm 0,016 \text{ mm} ; \ell_{\beta} = 0,86 \pm 0,08 \text{ mm} ; \ell_{\gamma} = 2,5 \cdot 10^5 \pm 12 \cdot 10^6 \text{ mm}.$$

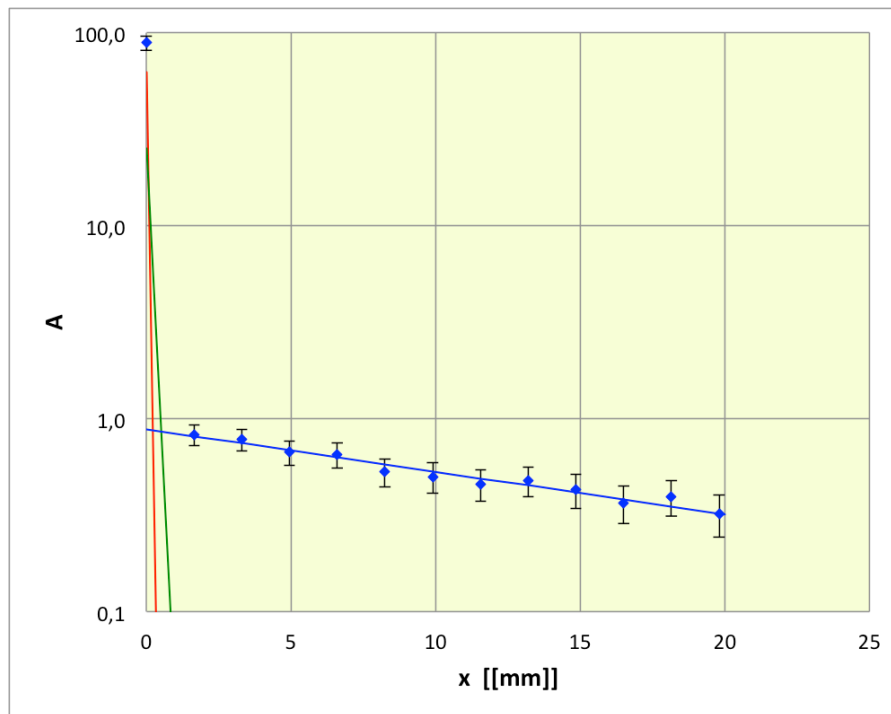
♦ remarque : les valeurs trouvées dans les publications scientifiques donnent $\ell_{\gamma} \approx 80 \text{ cm}$ (essentiellement par effet Compton) ; ceci est impossible à déterminer sur une aussi petite épaisseur (il faudrait une statistique nettement plus importante).

• Globalement, la chaîne de désintégration de ^{226}Ra implique 5 α pour seulement 4 β^- ; on observe effectivement plus de α , mais la proportion est plus proche de 25/4 que de 5/4. Cela pose encore plus problème que pour le papier, d'autant plus que la proportion devrait de toute façon être pratiquement la même dans les deux cas.

♦ remarque : les déterminations précédentes ne détaillent pas les corrélations dues aux interactions induites dans l'aluminium.

Absorption par le plomb

• Pour le plomb, les plaques ont une épaisseur de 1,65 mm. Une seule plaque suffit à absorber la totalité des particules α et β^- . La représentation de l'activité mesurée (corrigée du bruit de fond) en fonction de l'épaisseur de matériau est bien modélisée par une exponentielle.



Au niveau du détecteur, l'activité "initiale" (sans absorption) est : $A_{0\gamma} = 0,88 \pm 0,08$ Bq.

La "longueur d'atténuation" (en moyenne) est : $\ell_{\gamma} = 19,7 \pm 3,4$ mm ; ceci est en bon accord avec les valeurs trouvées dans les publications scientifiques.