

Examen de radioactivité (Phy11a) :

Licence première année

4 janvier 2010

Durée 1 ½ h

Calculatrices autorisées ainsi qu'une feuille A4 recto-verso de résumé personnel du cours.

Il convient de répondre à chaque question dans l'emplacement réservé. Il vous est demandé de faire apparaître systématiquement les principales étapes du raisonnement et du calcul, ainsi que les définitions, lois et théorèmes que vous serez amenés à utiliser.

Il vous est très vivement recommandé de lire la totalité du sujet avant de commencer à composer.

Soignez votre rédaction, car elle sera prise en compte dans la note.

N'utilisez les valeurs numériques que lorsqu'un calcul vous est explicitement demandé.

1 Curiethérapie : (comptant pour 10 points sur 20)

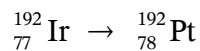
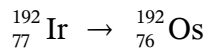
La curiethérapie consiste à traiter une tumeur cancéreuse par insertion d'une petite source radioactive au centre de la tumeur. L'un des radioéléments utilisés pour la curiethérapie est l'iridium 192 : ${}_{77}^{192}\text{Ir}$, dont la période T_{ir} est de 73,8 jours.

1. Quel est le nombre de neutrons, de protons et d'électrons contenus dans un atome neutre d'iridium 192.

2. Démontrer la relation qui lie T_{ir} à λ_{ir} , la constante radioactive de désintégration de l'iridium 192 et calculer λ_{ir} en s^{-1} .

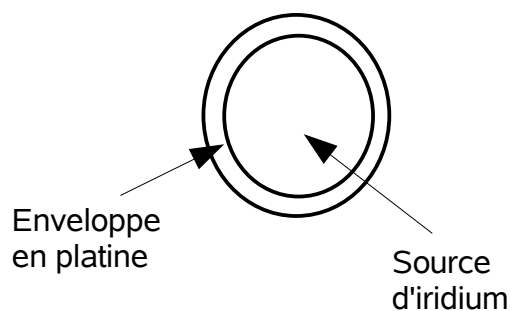
L'iridium 192 se désintègre avec une probabilité de 4,8% en osmium 192 ($^{192}_{76}\text{Os}$) et avec une probabilité de 95,2% en platine 192 ($^{192}_{78}\text{Pt}$).

3. Donner le type de radioactivité de chaque désintégration et compléter les réactions suivantes.



Par la suite, on négligera la désintégration de l'iridium 192 en osmium 192. On considérera ainsi que tous les noyaux d'iridium 192 se désintègrent en platine 192. On supposera également qu'au cours de chaque désintégration d'un noyau d'iridium 192, un électron de 200 keV et un gamma de 300 keV sont émis.

Pour le traitement d'une tumeur, une source d'iridium 192 est placée dans une bille sphérique d'un millimètre de diamètre enveloppée par une fine paroi de platine selon le schéma suivant :



4. Quel est le rôle de la paroi de platine ? En particulier laquelle des deux particules (électron ou gamma) est arrêtée par cette paroi ?

Initialement, à $t=0$, l'activité de cette source d'iridium est de 27 MBq

5. Combien de noyaux d'iridium 192 sont initialement contenus dans cette source ? Quelle est alors sa masse que l'on exprimera en nanogrammes (ng) ? On suivra l'approximation usuelle de la masse atomique d'un noyau qui est égale - en grammes - au nombre de masses de ce noyau.

Au cours d'une intervention chirurgicale, cette petite sphère est placée au centre d'une tumeur supposée sphérique de 5 cm de rayon. La tissu tumoral sera considéré comme étant très proche de l'eau. Le coefficient d'absorption linéique des gammas de 300 keV dans l'eau est $\mu = 0,11 \text{ cm}^{-1}$. Le jour de cette intervention, il ne reste plus que $2 \cdot 10^{14}$ noyaux d'iridium 192 dans la source.

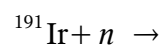
6. Quel est le nombre total de gammas émis par la source durant une période s'étendant sur 100 jours à compter de cette date ?

7. Quel est le nombre de gammas qui s'arrêtent dans la tumeur durant un temps très long devant la période de l'iridium 192 ?

8. Quelle est la dose et quel est l'équivalent de dose biologique reçus par la tumeur ? On considérera ici que la masse volumique de la tumeur est identique à celle de l'eau. Pensez à bien préciser les unités de dose et d'équivalent de dose biologique.

L'iridium 192 est produit auprès d'un réacteur nucléaire par capture neutronique sur un noyau d'iridium 191.

9. Compléter la réaction nucléaire suivante :



L'iridium naturel contient 37% d'iridium 191 et 63 % d'iridium 193. La masse atomique de l'iridium naturel est égale à 192,2 g. Dans le réacteur utilisé pour fabriquer des sources d'iridium 192, la probabilité par unité de temps de capture neutronique par noyau d'iridium 191 est donnée par $\lambda_{capt} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$. Elle est constante au cours du temps.

10.

10.1. Dans un premier temps, déterminer le nombre de noyaux d'iridium 191 contenus dans 10 mg d'iridium naturel.

10.2. Calculer ensuite le temps nécessaire pour produire une source contenant $3 \cdot 10^{14}$ noyaux d'iridium 192 à partir de 10 mg d'iridium naturel. Pour simplifier, on supposera ici que ce temps est très court devant la période de désintégration radioactive de l'iridium 192.

2 Mesure d'une source gamma : (comptant pour 10 points sur 20)

Une petite source qui n'émet que des gammas est mesurée sans écran d'atténuation à une distance variable d par un compteur Geiger du même type que ceux qui ont été utilisés lors des séances de travaux pratiques.

Dans ce problème, toutes les incertitudes de comptage seront calculées pour un niveau de confiance minimal de 95,4%.

Les résultats de mesures réalisées sur 10 minutes sont consignés dans le tableau qui suit, dans lequel pour chaque position, N est le comptage enregistré.

d (en m)	N	ΔN	S	ΔS
1	184722			
2	46742			
2,5	29910			
3	20662			
10	2169			
15	1088			

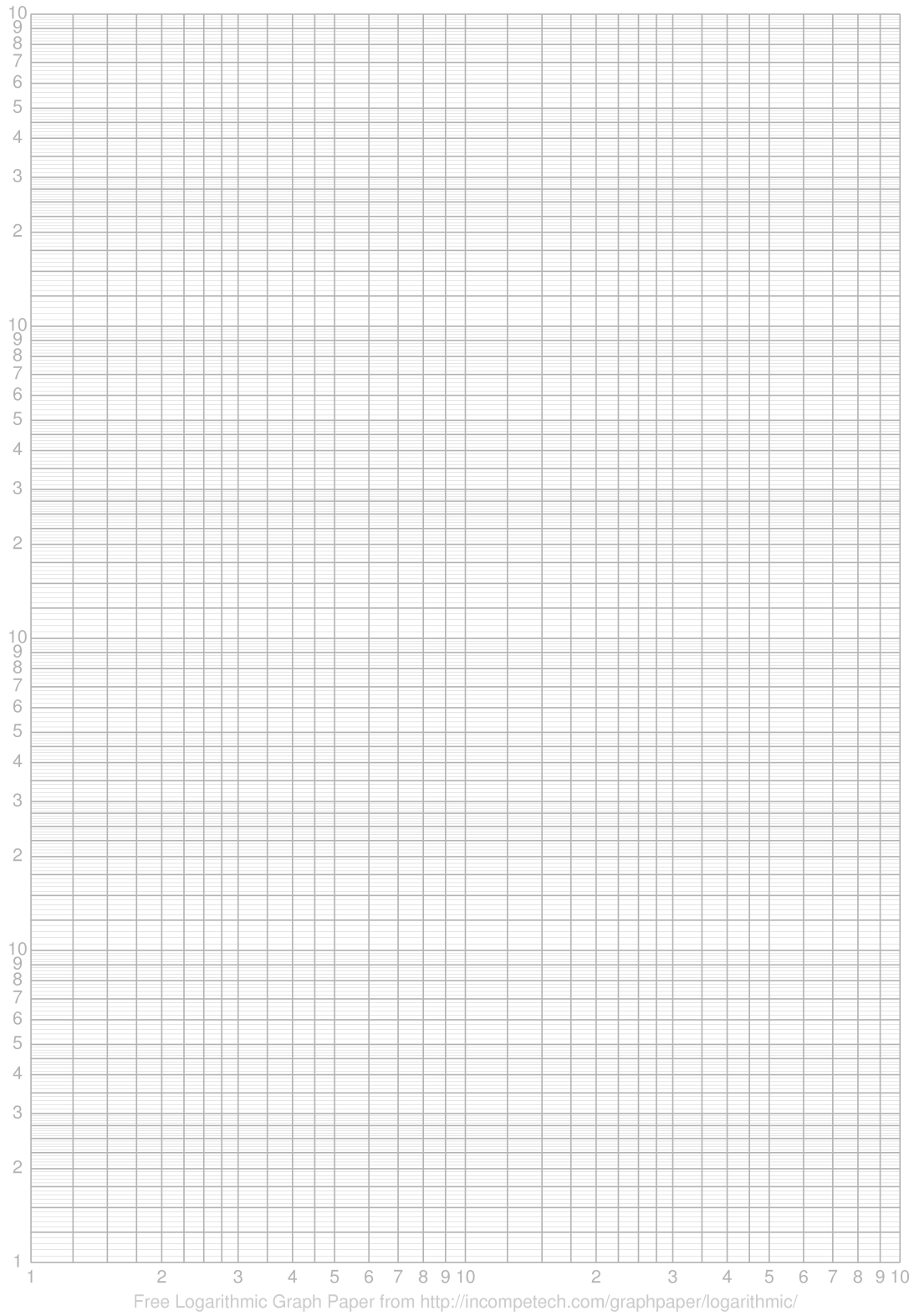
11. Donner l'expression littérale de ΔN , l'incertitude à 95,4% sur N , en fonction de N .

En l'absence de source, ce compteur Geiger enregistre 150 coups sur un temps de comptage de 5 minutes.

12. Quelle est la valeur du taux de comptage de bruit de fond exprimé par unité de temps ?
Quelle est son incertitude (à 95,4% de niveau de confiance) ?

13. Donner l'expression littérale de S , le comptage des gammas provenant de la source en fonction de N et B , B étant la valeur du bruit de fond exprimé sur 10 minutes.

14. Calculer B et ΔB , l'incertitude sur B à 95,4% de niveau de confiance.



Feuille supplémentaire pour la poursuite ou la correction de questions. Indiquer alors le numéro de la question.