

PROBLEME DE RADIOACTIVITE

2BAC SMF – PHYSIQUE CHIMIE AVEC PROF ALAEDDINE ABIDA

La source :

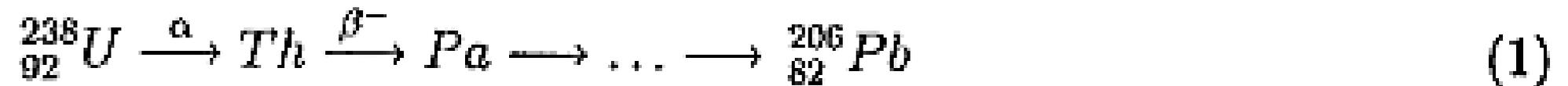
Université Joseph Fourier Grenoble-I
UE PHY113a

Données:

- Période de l'uranium 238: $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ ans
- Période de l'uranium 235: $T_{1/2} = 0,7 \cdot 10^9$ ans
- Période du thorium: $T_{1/2} = 24,1$ jours
- $1 \text{ u.m.a} = 1,66056 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$
- Nombre d'Avogadro: $N_{AV} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

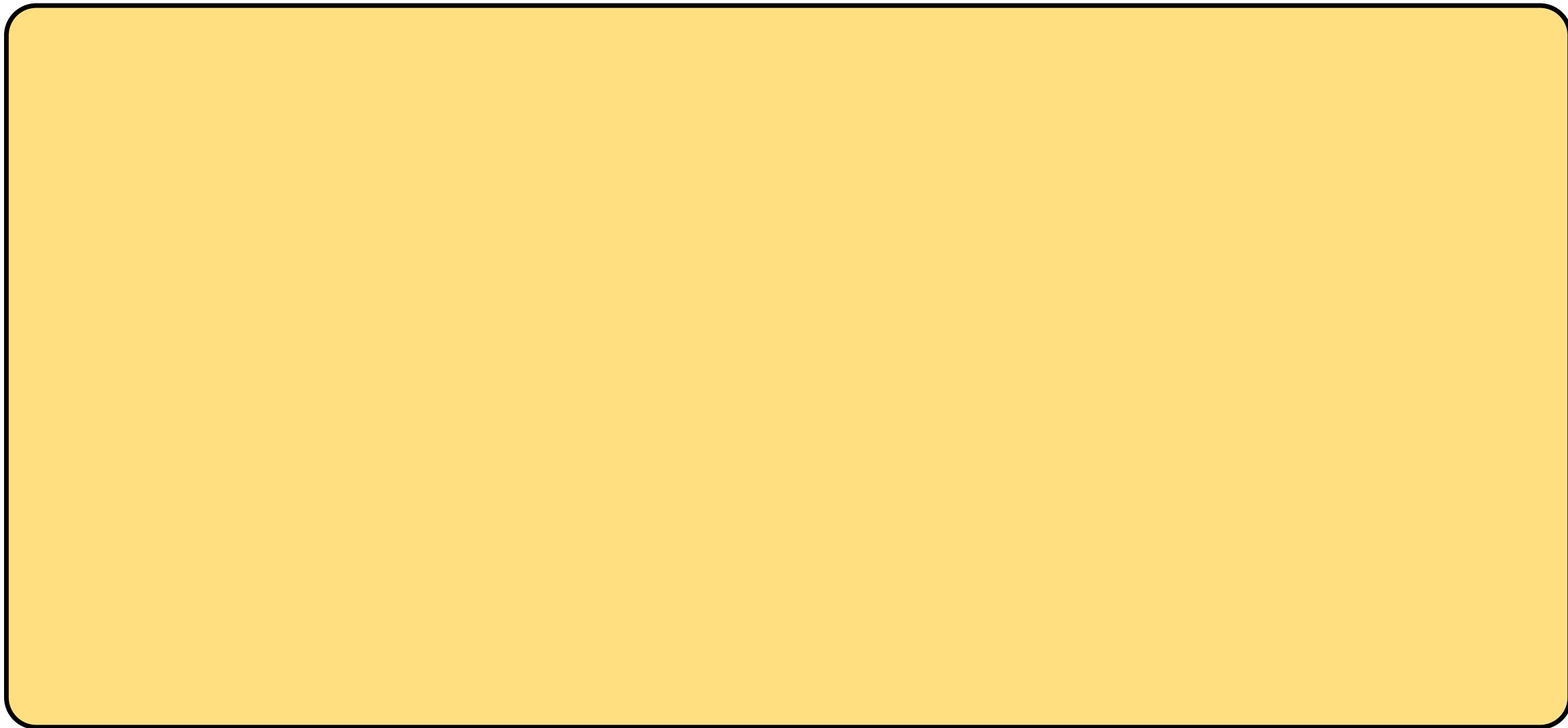
Première partie: la chaîne de désintégration de l'uranium 238

L'uranium 238 est à la tête d'une chaîne de désintégration qui aboutit au plomb 206 qui est stable:



1) L'uranium 238 se désintègre en thorium par désintégration α . Écrire la réaction de désintégration. On indiquera le numéro atomique (Z) ainsi que le nombre total de protons et de neutrons ($A = Z + N$) du thorium.

2) Le thorium est aussi instable et se transforme en protactinium (Pa) par désintégration β^- . Écrire la réaction de désintégration. On indiquera le numéro atomique (Z) ainsi que le nombre total de protons et de neutrons ($A = Z + N$) du protactinium.



3) Sachant qu'il y a seulement des désintégrations α et β^- (et γ) dans la chaîne de désintégration de l'uranium 238 [voir équation (1)], quel est le nombre (n_α) de désintégrations α nécessaires pour arriver au plomb 206? Quel est le nombre (n_β) de désintégrations β^- ? Cette question est indépendante du reste du problème.

4) Donner l'expression de la variation du nombre de noyaux de l'uranium 238, dN_1 , pendant un temps infinitésimal dt (en fonction de N_1 et la constante de désintégration λ_1).

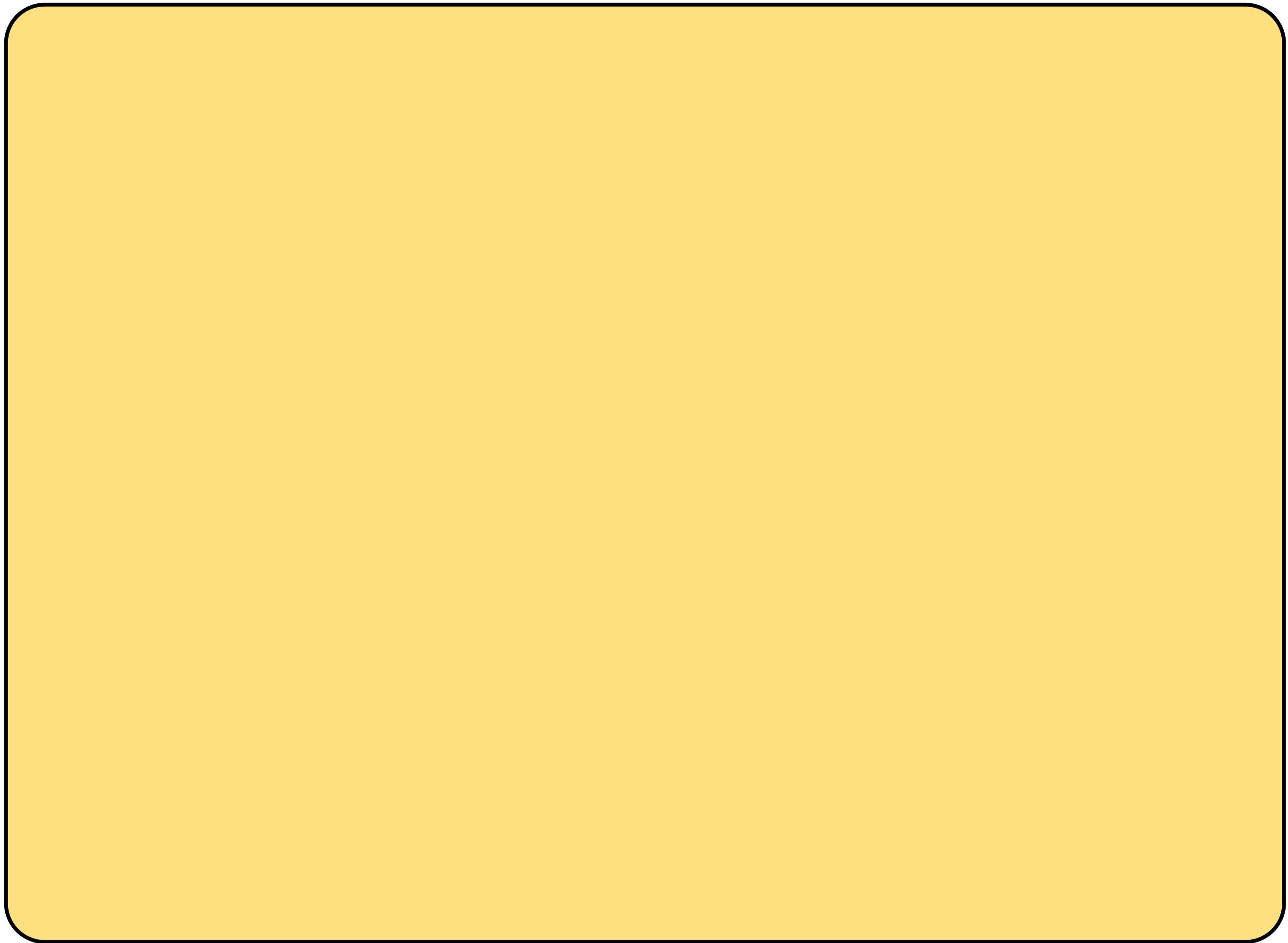
5) Donner l'expression de l'évolution du nombre de noyaux de l'uranium 238 en fonction du temps ($N_1(t)$). On suppose qu'à $t = 0$, il y a N_{10} noyaux d'uranium. Quel est le lien entre la période $T_{1/2}$ et la constante radioactive λ_1 ?

6) Donner l'expression de la variation du nombre de noyaux du thorium, dN_2 , pendant un temps infinitésimal dt (en fonction de N_1 , N_2 et les constantes de désintégration λ_1 , λ_2).

7) Trouver le nombre N_2 du thorium à l'équilibre (c.a.d. lorsque sa population ne change plus) en fonction de N_1 , λ_1 et λ_2 . Donner une valeur numérique pour le rapport N_2/N_1 .

8) Les abondances naturelles des isotopes de l'uranium sont de 99,28% de ${}_{92}^{238}\text{U}$ ($T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ ans) et de 0,72% de ${}_{92}^{235}\text{U}$ ($T_{1/2} = 0,7 \cdot 10^9$ ans). L'uranium 235 se trouve à l'origine d'une autre chaîne de désintégration tel que son évolution temporelle est similaire à ce qu'on a trouvé en question 5. On fait l'hypothèse que lors de la production de l'uranium (dans une supernovae donnant naissance à notre système solaire peu après) les abondances des deux isotopes étaient égales: $N_{0,238} = N_{0,235} = N_0$.

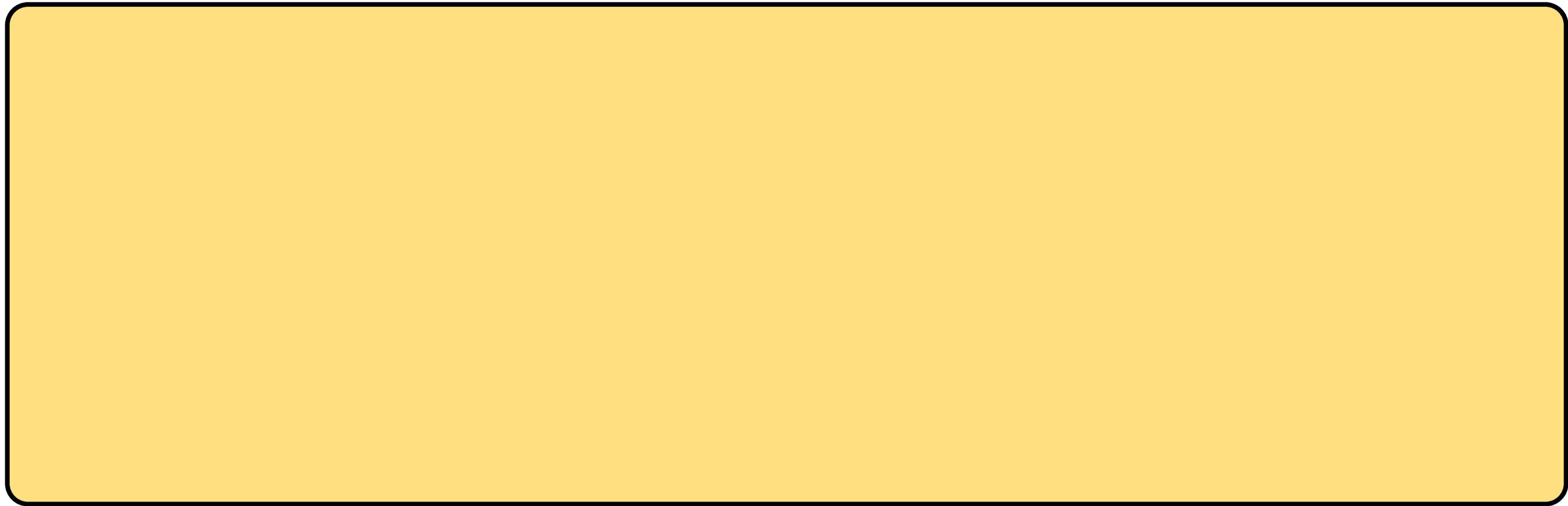
- a) Écrire, au temps t_S d'aujourd'hui, le nombre de noyaux d'uranium 238, $N_{238}(t_S)$, et d'uranium 235, $N_{235}(t_S)$, en fonction de N_0 et des constantes de désintégration λ_{238} et λ_{235} .
- b) Estimer l'âge t_S de notre système solaire (en ans).



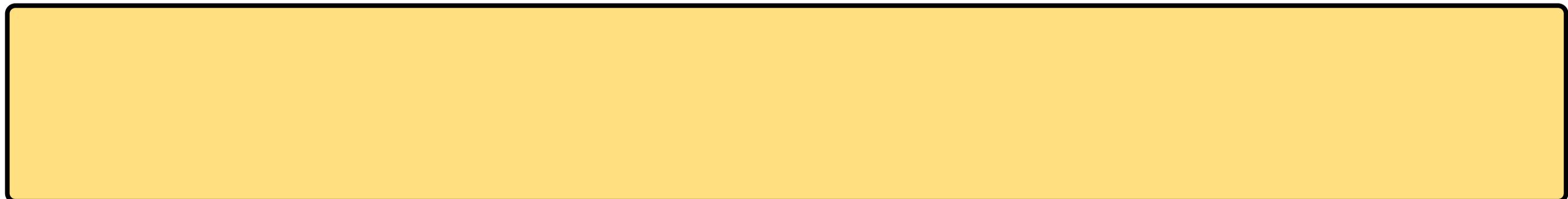
Deuxième partie: l'activité de radium 226

Le radium 226 ($T_{1/2} \simeq 1600$ ans) est aussi membre de la chaîne de désintégration de l'uranium 238. On suppose que l'on a un échantillon d'une masse de 1g.

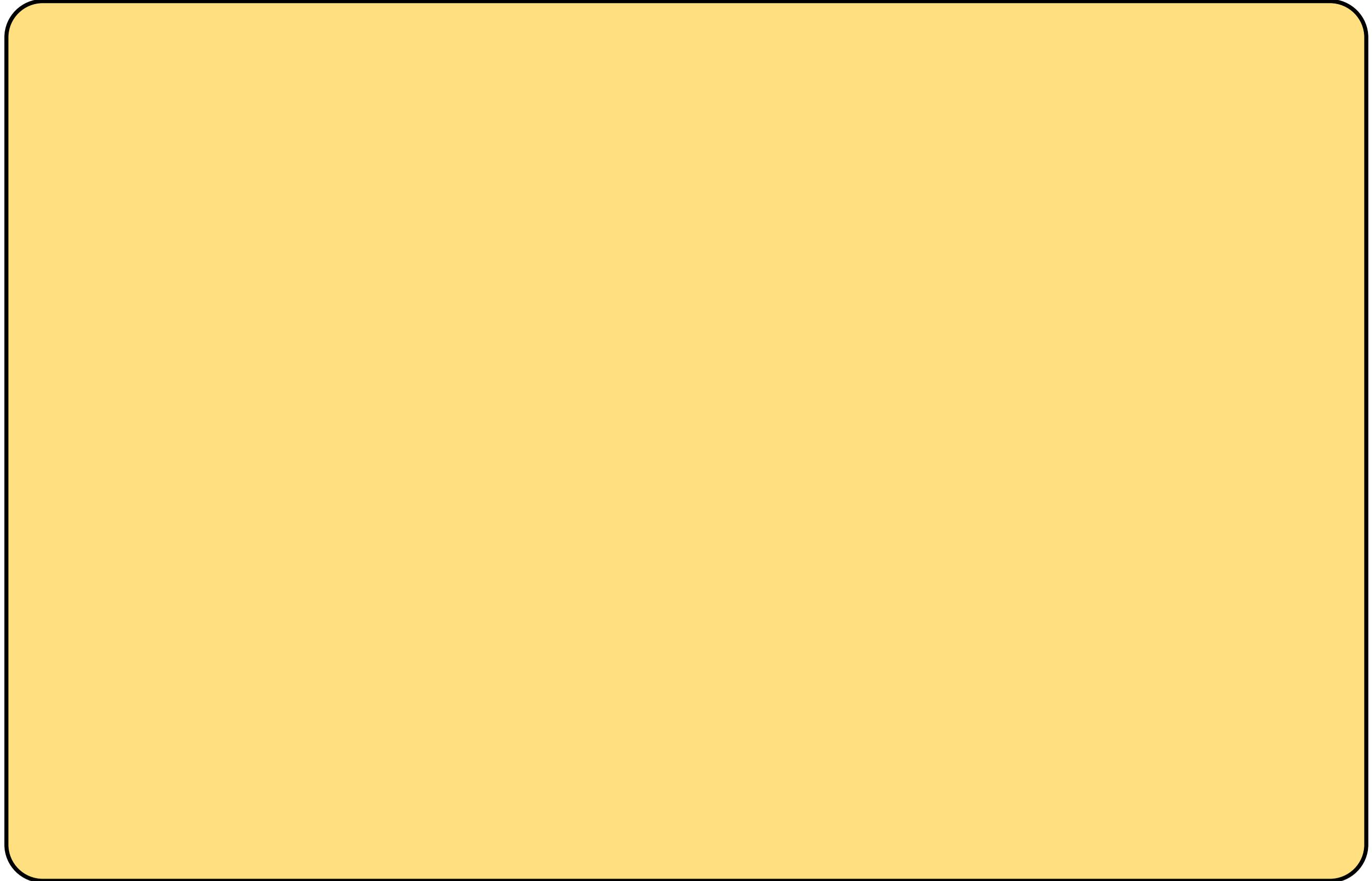
9) Calculer le nombre de noyaux dans cet échantillon.



10) Quel est l'unité S.I. de l'activité?



11) Déterminer l'activité de notre échantillon de 1g de radium 226 en Curie (Ci). (Rappel: $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ S.I.}$)



12) Montrer que la variation temporelle de la masse de radium peut être écrite dans la forme

$$m(t) = m_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T_{1/2}}} .$$

13) Quelle sera la masse de notre échantillon après $t = 3200$ ans?

