

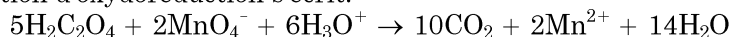
DEVOIR N°4 DE SCIENCES PHYSIQUES – DUREE: 4 HEURES

Exercice 1:

On veut étudier la cinétique de la réaction d'oxydation catalysée d'acide oxalique $H_2C_2O_4$ (par les ions permanganate MnO_4^- en milieu acide.

A la date $t = 0$: on mélange rapidement dans un bécher $V_1 = 50 mL$ d'une solution acidifiée de permanganate de potassium ($K^+ + MnO_4^-$) de concentration $C_1 = 10^{-3} mol \cdot L^{-1}$ avec $V_2 = 50 mL$ d'une solution d'acide oxalique de concentration $C_2 = 10^{-1} mol \cdot L^{-1}$.

L'équation bilan de la réaction d'oxydoréduction s'écrit:



- 1)
 - a) Retrouver les couples oxydant/réducteur qui interviennent dans cette réaction.
 - b) Ecrire les demi-équations d'oxydation et de réduction correspondantes à l'équation bilan.
- 2)
 - a) Montrer qu'il reste de l'acide oxalique à la fin de la réaction supposée totale. Calculer le nombre de mole d'acide oxalique non oxydé à la fin de la réaction.
 - b) Déterminer la concentration initiale ($t = 0$) des ions permanganate MnO_4^- dans le mélange.
- 3) La mesure de la concentration des ions Mn^{2+} à différentes dates t a conduit aux résultats suivants:

t(s)	60	120	150	180	210	240	255	270	285	300	315	330	390
$[Mn^{2+}] \times 10^{-5} mol \cdot L^{-1}$	1	3	4	5,5	7	11,5	15,5	22	33	44	47	49	50

- a) Tracer la courbe donnant les variations de la concentration des ions Mn^{2+} en fonction du temps.
 Echelle: 1 cm \rightarrow 30s en abscisse ; 1 cm \rightarrow $5 \cdot 10^{-5} mol \cdot L^{-1}$ en ordonnée.
- b) A partir de l'allure de la courbe, caractériser l'évolution de la vitesse de la réaction.
- c) Définir la vitesse instantanée de formation des ions Mn^{2+} . La calculer aux dates $t = 150s$; $t = 270s$ puis $t = 315s$. Interpréter l'évolution de la vitesse de la formation des ions Mn^{2+} .
- 4)
 - a) Calculer à la date $t = 270s$ les concentrations de $H_2C_2O_4$; MnO_4^- ; CO_2 et Mn^{2+} présents dans la solution.
 - b) Définir puis déterminer le temps de demi-réaction.

Exercice 2:

Données: volume molaire $V_0 = 24 L \cdot mol^{-1}$

- 1) Une solution S_1 d'hydroxyde de magnésium $Mg(OH)_2$ de concentration $C_1 = 5 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1}$ a un pH = 12.
 - a) Montrer que $Mg(OH)_2$ est une dibase forte. Ecrire alors l'équation de sa mise en solution aqueuse.
 - b) Quelles sont les concentrations des différents ions présents dans la solution S_1 .
- 2) Une solution S_2 d'acide chlorhydrique a un pH = 2,2.
 - a) Quel volume de chlorure d'hydrogène gazeux a-t-on dissous dans l'eau pour préparer $V_2 = 500 mL$ de la solution S_2 , sachant que HCl est un acide fort.
 - b) On dilue 10 fois la solution S_2 pour obtenir une solution S_2' . Quel est le pH de la solution S_2' . Calculer les concentrations des ions dans cette solution diluée S_2' .
- 3) On prépare maintenant une solution S_3 en mélangeant $V_1 = 400 mL$ de S_1 avec $V_2 = 600 mL$ de S_2 .
 - a) Ecrire l'équation bilan de la réaction qui a lieu.
 - b) La solution S_3 est-elle acide, basique ou neutre? Justifier. Calculer son pH.
 - c) Quel volume de quelle solution faut-il ajouter à S_3 pour obtenir une solution neutre de pH = 7?

Exercice 3:

Données: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ et $c = 3 \cdot 10^8 m \cdot s^{-1}$

On considère le dispositif des fentes de Young. Une source S monochromatique de longueur d'onde λ éclaire deux fentes F_1 et F_2 cohérentes et synchrones distants de $a = 1 mm$. Le plan P de l'écran d'observation parallèle aux fentes $F_1 F_2$ est situé à la distance $D = 1 m$ du milieu des fentes. Les faisceaux de lumière diffractés par F_1 et F_2 créent sur l'écran un champ d'interférence.

- 1)
 - a) Faire le schéma des de Young et mettre en évidence la zone d'interférence.
 - b) Qu'observe-t-on dans la zone d'interférence sur l'écran?
 - c) Nommer le phénomène physique observé. Quel caractère de la lumière permet d'interpréter ce phénomène physique? Expliquer brièvement.
 - d) Calculer la longueur d'onde λ en nm sachant que l'interfrange $i = 0,525 nm$.
- 2) La source S émet simultanément deux radiations de longueur d'onde $\lambda = 525 nm$ et $\lambda' = 450 nm$.

- a) Donner la nature de la frange centrale. Justifier.
- b) A quelle distance x du point O se produit la première coïncidence entre les deux systèmes de franges brillantes?
- 3) On place maintenant au point de première coïncidence une cathode photoémissive calcium. La fréquence seuil du calcium est $\nu_0 = 6,67 \cdot 10^{14}$ Hz.
 - a) Qu'observe-t-on? Justifier.
 - b) Nommer le phénomène physique observé. Quel aspect de la lumière y est mis en évidence? Explication concise et précise.
 - c) Déterminer l'énergie cinétique maximale transmise à l'électron à la sortie.

Exercice 4:

Données: $m({}_{84}^{210}\text{Po}) = 210,0482u$; $m({}_{82}^{206}\text{Pb}) = 206,0385u$; $m({}_2^4\text{He}) = 4,0015u$;
 $m_p = 1,007276u$; $m_n = 1,008665u$; $1 u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$

- 1) On considère les noyaux de polonium ${}_{84}^{210}\text{Po}$ et de plomb ${}_{82}^{206}\text{Pb}$.
 - a) Déterminer le défaut de masse puis l'énergie de liaison de chaque noyau.
 - b) Définir l'énergie de liaison par nucléon, la calculer pour ces deux noyaux. Classer la polonium et le plomb par ordre de stabilité croissante.
- 2) L'isotope 210 du polonium se désintègre en plomb en émettant une particule α .
 - a) Rappeler la nature de ce rayonnement. Ecrire l'équation de la désintégration correspondante.
 - b) Calculer le défaut de masse et l'énergie libérée qui accompagne cette réaction.
 - c) Détermine l'énergie cinétique de la particule α et du noyau fils ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ sachant toute l'énergie cinétique leur est transmise.
- 3) Un échantillon de polonium radioactif contient à la date $t = 0$, $N_0 = 4 \cdot 10^{22}$ noyaux. La demi vie du polonium est $T = 1,19 \cdot 10^7$ s.
 - a) Définir puis calculer la constante radioactive correspondante en s^{-1} .
 - b) Quelle est l'activité A_0 de l'échantillon à la date $t = 0$ s?
 - c) Déterminer le nombre de noyaux présents dans l'échantillon à la date $t = 2T$.
 - d) A quelle date le nombre de noyaux présents atteint-il 20% de sa valeur initiale?

Exercice 5:

Données: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ et $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \text{ avec } E_0 = 13,6 \text{ eV} \text{ et } n \text{ un entier naturel.}$$

- 1) On considère le spectre de la série de raies de Balmer: retour de l'atome d'hydrogène excité au niveau $n = 2$. Emission de $n > 2 \rightarrow 2$.
 - a) A quelles transitions électroniques correspondent les longueurs d'onde maximales et minimales de Balmer?
 - b) Calculer ces deux longueurs d'onde maximales et minimales émises de Balmer.
- 2) On envoie sur l'atome d'hydrogène se trouvant au niveau $n = 2$, différents photons d'énergie respectives: $E_1 = 1,5 \text{ eV}$; $E' = 1,83 \text{ eV}$ et $E'' = 3,8 \text{ eV}$.
 - a) Calculer l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène à partir du niveau $n = 2$.
 Quel est le photon qui permet de créer l'ionisation?
 Calculer l'énergie cinétique maximale de sortie de l'électron.
 - b) Quel photon permet d'exciter l'atome sans l'ioniser? Justifier
 - c) Que se passe-t-il avec le photon restant? Justifier.

CORRECTION DU DEVOIR +++++ D3-TS2-2011-ACLIM

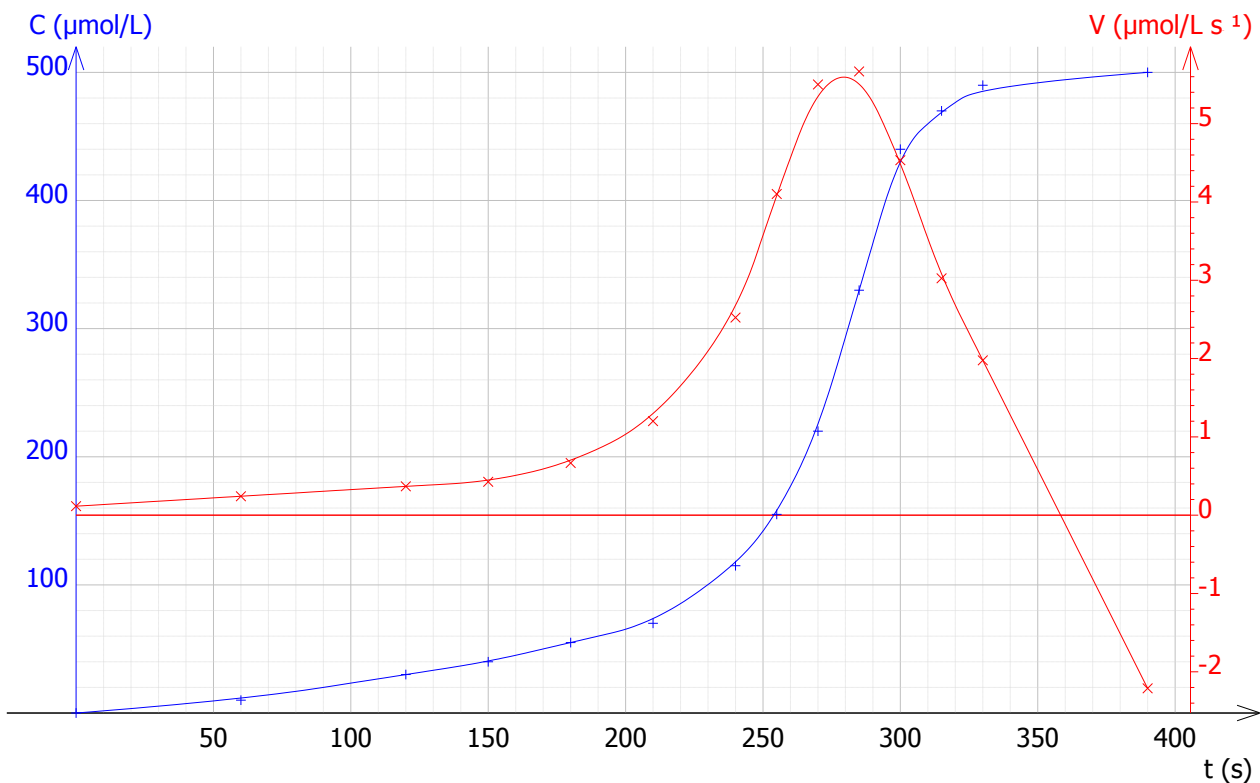
Exercice 1:

- 1)
 a) Couples redox: $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$ et $\text{CO}_2 / \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
 b) Demi équations électroniques
 $2\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ $E = -0,49 \text{ V}$
 $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $E = 1,51 \text{ V}$
- 2)
 a) $\frac{n_0(\text{MnO}_4^-)}{2} = C_1 \frac{V_1}{2} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ et $\frac{n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{5} = C_2 \frac{V_2}{5} = 10^{-3}$ i $\Rightarrow \frac{n_0(\text{MnO}_4^-)}{2} < \frac{n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{5}$ donc l'acide oxalique est en excès.

$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)_{\text{restant}} = n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)_{\text{réagi}} = n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - \frac{5}{2}n_0(\text{MnO}_4^-) = 4,875 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

b) $[\text{MnO}_4^-]_0 = \frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

- 3)
 a) Graphe $[\text{Mn}^{2+}] = f(t)$



- b) La vitesse de réaction augmente et passe par un maximum.

c) $V = \frac{d[\text{Mn}^{2+}]}{dt}$

On obtient à partir du graphe les résultats suivants:

$$v_{t=150\text{s}} = 4,26 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} ; v_{t=270\text{s}} = 5,50 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \text{ et } v_{t=315\text{s}} = 3,02 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Interprétation: la vitesse augmente puis décroît: la réaction est une autocatalyse (les ions Mn^{2+} catalyse la réaction).

- 4)
 a) Concentrations des espèces à $t = 270\text{s}$
 $[\text{Mn}^{2+}] = 22 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (lecture graphique)
 $[\text{MnO}_4^-] = [\text{MnO}_4^-]_0 - [\text{Mn}^{2+}] = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] = [\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]_0 - \frac{5}{2}[\text{Mn}^{2+}] = 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 $[\text{CO}_2] = 5[\text{Mn}^{2+}] = 11 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- b) Le temps demi réaction est la durée au bout de laquelle la moitié du réactif limitant est consommé

$$A t = t_{\frac{1}{2}} [\text{MnO}_4^-] = [\text{MnO}_4^-]_0/2 = 25 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = [\text{Mn}^{2+}]$$

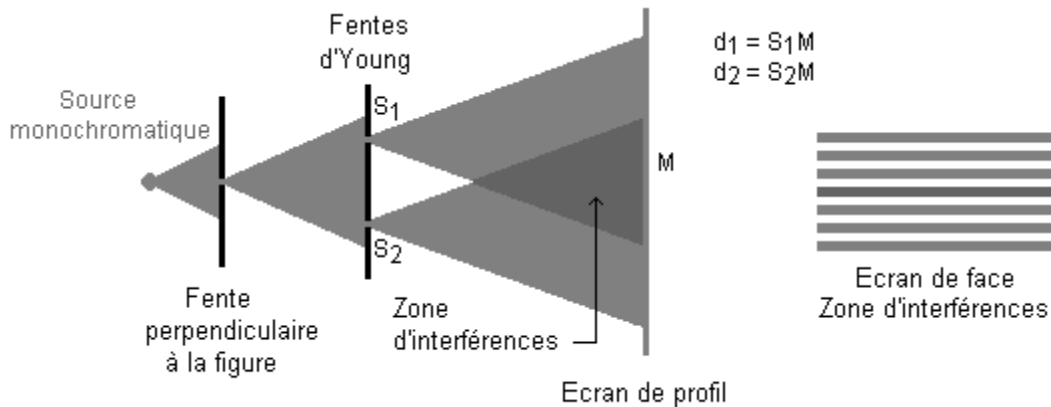
D'après le graphe $t_{\frac{1}{2}} = 275 \text{ s}$

Exercice 2:

- 1)
- a) Solution de dibase: $pH = 14 + \log 2C_1 = 14 + \log(2 \times 5 \cdot 10^{-3}) = 12$ (valeur de pH donnée, l'espèce est forte)
- $$\text{Mg}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{eau}} \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$$
- b) $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $[\text{HO}^-] = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $[\text{Mg}^{2+}] = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 2)
- a) $C_2 = 10^{-2,2} = 6,31 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $n_{\text{HCl}} = \frac{V}{V_0} = C_2 V_2 \Rightarrow V = C_2 V_2 V_0 = 75,7 \text{ mL}$
- b) $C'_2 = \frac{C_2}{10} = 6,31 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow pH = -\log(6,31 \cdot 10^{-4}) = 3,20$
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,2} = 6,31 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $[\text{HO}^-] = 10^{-14+3,2} = 1,58 \cdot 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $[\text{Cl}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 6,31 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 3)
- a) $(\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-) + 2(\text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{Cl}^-) \rightarrow 4\text{H}_2\text{O} + (\text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^-)$ ou bien $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- b) $n_0(\text{OH}^-) = 2 C_1 V_1 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$; $n_0(\text{H}_3\text{O}^+) = C_2 V_2 = 3,786 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
 $n_0(\text{OH}^-) > n_0(\text{H}_3\text{O}^+)$ **la solution est donc basique.**
 $pH = 14 + \log[\text{OH}^-]_{\text{excès}} = 14 + \log\left(\frac{4 \cdot 10^{-3} - 3,786 \cdot 10^{-3}}{1}\right) = 10,33$
- c) $n(\text{OH}^-)_{\text{excès}} = C_2 V_{aj} \Rightarrow V_{aj} = \frac{2,14 \cdot 10^{-4}}{6,31 \cdot 10^{-3}} = 33,9 \text{ mL}$

Exercice 3:

- 1)
- a) Schéma des fentes de Young



- b) On observe des bandes parallèles, équidistantes, alternativement claires et sombres appelées franges d'interférences.
- c) C'est le phénomène d'interférences lumineuses: mise en évidence du caractère ondulatoire de la lumière.
- En un point d'une frange claire se superposent deux ondes issues de S₁ et S₂ arrivant en phase.
 - En un point d'une frange sombre se superposent deux ondes issues de S₁ et S₂ arrivant en opposition de phase.
- d) $I = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{ia}{D} = 525 \text{ nm}$
- 2)
- a) La frange centrale est toujours claire car $\delta = 0$ pour toutes les radiations.
- b) $x = x' \Rightarrow \frac{k\lambda D}{a} = \frac{k'\lambda' D}{a} \Rightarrow \frac{k}{k'} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{4}{5}$
 A la 1^{ère} coïncidence $k = 4$ et $k' = 5$ donc $x = x' = \frac{k\lambda D}{a} = \frac{4 \times 525 \cdot 10^{-9} \times 1}{10^{-3}} = 2,1 \text{ m m}$
- 3) $\lambda_0 = \frac{c}{v_0} = 449,77 \text{ nm}$

- $\lambda' < \lambda_0$ la cellule sera parcourue par un courant électrique
- le phénomène est l'effet photoélectrique: mise en évidence du caractère corpusculaire de la lumière. Lorsque la cathode de la cellule est éclairée par une lumière convenable, celle-ci lui extrait des électrons qui sont attirés par l'anode.
- $Ec = E - W_0 = hc\left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\lambda}\right) = 3,13 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 0,195 \text{ eV}$

Exercice 4:

- $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m(X)$ et $E_i = \Delta m \times C^2$
 $\Delta m(Po) = 1,65477u \Rightarrow E_i(Po) = 1541,42 \text{ MeV}$
 $\Delta m(Pb) = 1,63256u \Rightarrow E_i(Pb) = 1520,76 \text{ MeV}$
 - $E_A = \frac{E_i}{A}$; $E_A(Po) = \frac{E_i(Po)}{210} = 7,34 \text{ MeV/nucléons}$; $E_A(Pb) = \frac{E_i(Pb)}{206} = 7,38 \text{ MeV/nucléons}$
 $E_A(Po) < E_A(Pb)$: le plomb Pb est plus stable que le polonium Po

- Les particules α (noyaux d'hélium: ${}^4_2\text{He}$)
 ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$
 - $\Delta m = 210,0482 - 206,0385 - 4,0015 = 0,0084u = 7,64 \text{ MeV}/c^2$; $E_i = \Delta mc^2 = 7,64 \text{ MeV}$
 - On note l'indice 1 pour le Pb et l'indice 2 pour le He

Conservation de l'énergie: $Ec_1 + Ec_2 = E_i$ (1)

Conservation de la quantité de mouvement: $m_1v_1 = m_2v_2$ (2) $\Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$

Multiplions l'expression 2 par le produit v_1v_2 , on obtient:

$$m_1v_1^2v_2 = m_2v_2^2v_1 \Rightarrow v_2Ec_1 = v_1Ec_2 \Rightarrow Ec_1 = \frac{v_1}{v_2}Ec_2 = \frac{m_2}{m_1}Ec_2 \text{ d'où } Ec_1 = \frac{m_2}{m_1}Ec_2 \text{ (3)}$$

$$\text{(3) dans (1) donne: } Ec_1 \frac{m_2}{m_1}Ec_2 + Ec_2 = E_i \Rightarrow Ec_2 = \frac{E_i}{\frac{m_2}{m_1} + 1} \text{ et } Ec_1 = \frac{E_i}{\frac{m_1}{m_2} + 1}$$

$$\text{AN: } Ec(Pb) = 0,145 \text{ MeV et } Ec(He) = 7,49 \text{ MeV}$$

- $\lambda = \frac{\ln 2}{T} = 5,82 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
 - $A_0 = \lambda N_0 = 2,33 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$
 - A $t = 2T$, $N = \frac{N_0}{4} = 10^{22}$ noyaux radioactifs
 - $\frac{20}{100}N_0 = N_0e^{-\lambda t} \Rightarrow t = -\frac{\ln 0,2}{\lambda} = 2,73 \cdot 10^7 \text{ s}$ soit 319j19h15min44s

Exercice 5:

- λ_{min} transition $n = \infty \rightarrow n = 2$; λ_{max} transition $n = 3 \rightarrow n = 2$
 - $\lambda_{min} = \frac{hc}{E_\infty - E_2} = 365,07 \text{ nm}$; $\lambda_{max} = \frac{hc}{E_3 - E_2} = 656,74 \text{ nm}$
- $E_i = E_\infty - E_2 = -E_2 = 3,4 \text{ eV}$
 $E'' > 3,4 \text{ eV}$ peut ioniser l'atome depuis son état fondamental
 $Ec = E'' - E_2 = 0,4 \text{ eV}$
 - $E_3 - E_2 = 1,89 = E'$ donc E' peut exciter l'atome sans une ionisation.
 - Le photon d'énergie E ne peut pas être absorbé car il n'existe pas de niveau d'énergie stationnaire E_n tel que $E_n - E_2 = E$