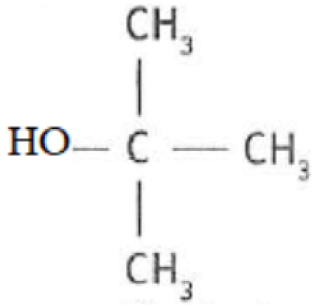
* Corrigé Devoir 02 de Physique-Chimie – Terminale - 2024 / 2025 Durée : 02 heures *

EXERCICE 1 - SUIVI CINÉTIQUE PAR CONDUCTIMÉTRIE DE L'HYDROLYSE DU CHLORURE DE TERTIOBUTYLE (10 POINTS)

-

Q1. Représenter la formule semi-développée de R-OH.



Q2 3. Exprimer la conductivité de la solution.

$\sigma = \lambda_{H3O+}[H_3O^+] + \lambda_{Cl-}[Cl^-]$.

Q4. Justifier qu'il est possible de réaliser un suivi cinétique par conductimétrie de cette hydrolyse.

$[H_3O^+] = [Cl^-] = C$

$\sigma = (\lambda_{H3O+} + \lambda_{Cl-})\ C$.

La conductivité et la concentration sont proportionnelles. **Q5.**.Calculer la quantité de matière initiale de RCl notée n_0.

Masse de RCl : 0,850 g.

n_0 = masse / M_{RCl} = 0,850 /(4 *12 + 35,5 +9) = 9,2 10^{-3} mol.

Q6 en déduire la concentration de RCl dans le mélange :

$C_0 = n_0$ / Volume total = 9,2 10^{-3} /0,201 ~4,6 10^{-2} mol / L.

Q7. Associer chaque courbe à RCl et à H_3O^+.

La concentration en RCl diminue au cours du temps (courbe 1) ; la concentration en ion H_3O^+ augmente au cours du temps (courbe 2).

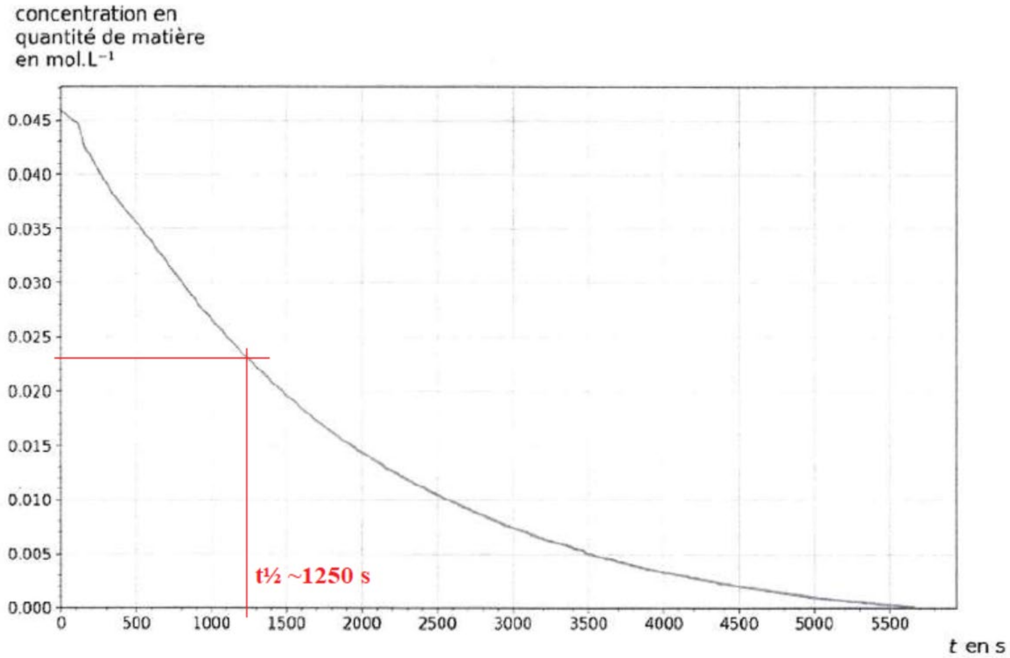
Q8. Montrer que cette hydrolyse est totale.

Courbe 1 : au bout d'un temps suffisamment long [RCl] = 0. L'hydrolyse est totale.

Q9. Définir le temps de demi-réaction d'une transformation chimique.

Le temps de demi-réaction $t_{½}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement est égal à la moitié de l'avancement final.

Q10. Estimer graphiquement $t_{½}$.



Loi de vitesse.

Q11. Donner l'expression de la vitesse volumique de disparition de RCl.

v =-d[RCl] / dt.

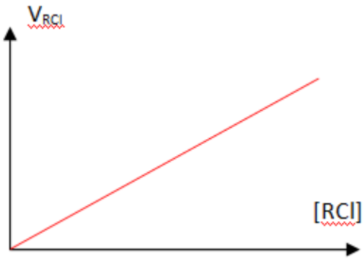
Q12. Indiquer comment évolue cette vitesse au cours du temps.

Cette vitesse est égale à la valeur absolue du coefficient directeur de la tangente à la courbe 1 à un temps donné. Les tangentes étant de moins en moins inclinées sur l'horizontale, cette vitesse diminue au cours du temps.

Dans l'hypothèse d'une transformation d'ordre 1, v = k [RCl] avec k une constante.

Q13 Donner dans cette hypothèse l'allure de la courbe représentant la vitesse volumique de disparition de RCl en fonction de la concentration en RCl.

Droite de coefficient directeur k.



Q14. Etablir l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par [RCl].

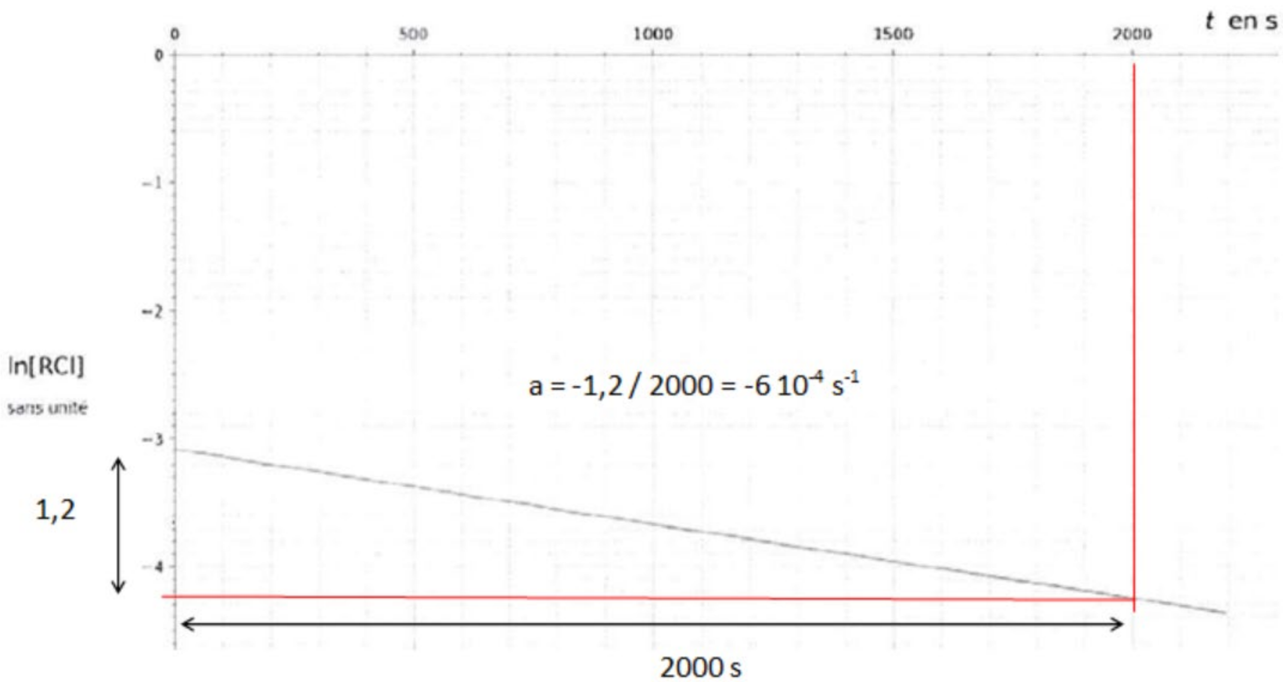
v = -d[RCl] /dt = k [RCl] ; d[RCl] /dt + k [RCl]= 0.

La solution de cette équation est [RCl] = A exp(-kt).

Q15. Déterminer la valeur de A.

A l'instant initial $[RCl]_{t=0}$ = A =C_0 = 4,6 10^{-2} mol / L.

Q16. Calculer le coefficient directeur de la droite suivante.



On donne k = -a et $t_{½}$ = ln2 / k.

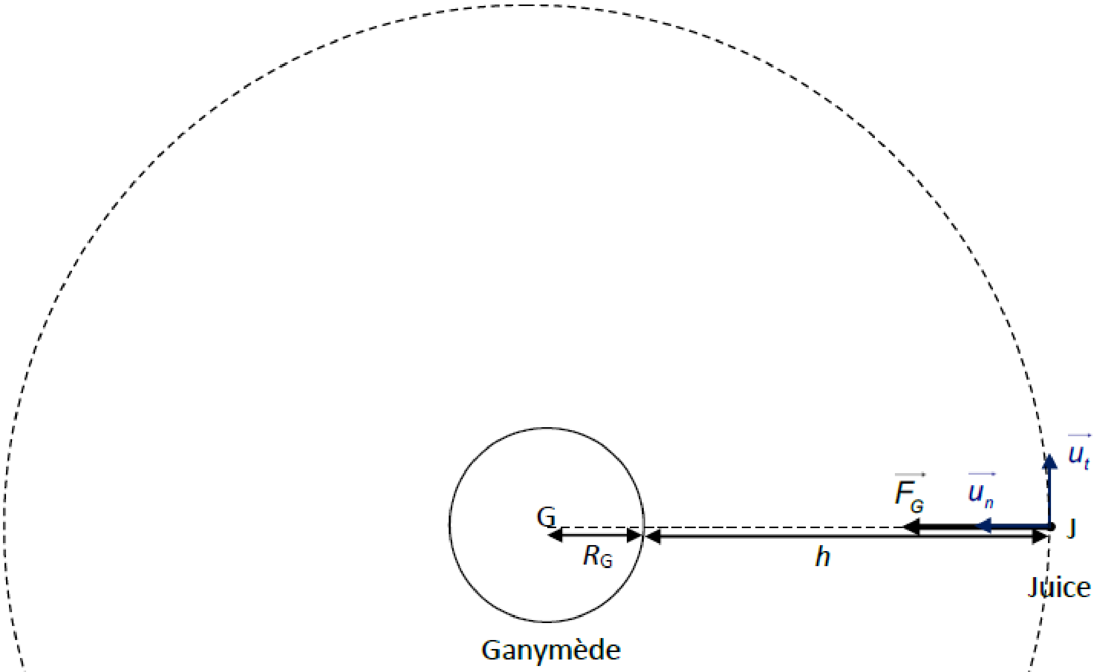
Q17. Calculer $t_{½}$.

$t_{½}$ = ln 2 / (6 10^{-4}) ~1,2 10^3 s en accord avec la valeur trouvée à la question 10..

EXERCICE 2 : à la découverte des lunes glacées de Jupiter (10 points)

1. Orbites de la sonde JUICE autour de Ganymède

Q.1. Schématiser, sans soucis d'échelle, Ganymède et l'orbite de la sonde JUICE. Placer le repère de Frenet $(\overrightarrow{u_t},\overrightarrow{u_n})$ et représenter $\overrightarrow{F_G}$ la force d'interaction gravitationnelle à laquelle la sonde JUICE est soumise de la part de Ganymède, à un point quelconque de sa trajectoire.



Q.2. Exprimer, dans le repère de Frenet, le vecteur $\overrightarrow{F_G}$.

$\overrightarrow{F_G} = \dfrac{G.m_J.M_G}{(R_G+h)^2}.\overrightarrow{u_n}$ avec m_J la masse de la sonde JUICE.

Q.3. On considère que $\overrightarrow{F_G}$ est la seule force qui s'exerce sur la sonde JUICE. Montrer que la sonde JUICE a un mouvement circulaire uniforme dans le référentiel, supposé galiléen, centré sur Ganymède.

Système : {JUICE} de masse m_J

Référentiel de Ganymède considéré galiléen

Repère de Frenet : $(G,\overrightarrow{u_t},\overrightarrow{u_n})$

Inventaire des forces : seule la force d'attraction gravitationnelle $\overrightarrow{F_G}$ exercée par Ganymède sur JUICE est prise en compte.

Deuxième loi de Newton : $\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m_J\vec{a}$

$$\overrightarrow{F_G} = m_J\vec{a}$$

$$\frac{GM_G m_J}{(R_G+h)^2}\overrightarrow{u_n} = m_J\vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{GM_G}{(R_G+h)^2}\overrightarrow{u_n}$$

Dans le repère de Frenet, $\vec{a} = \dfrac{v^2}{R_G + h}\overrightarrow{u_n} + \dfrac{dv}{dt}\overrightarrow{u_t}$.

Or $\vec{a} = \dfrac{G.M_G}{(R_G + h)^2}\overrightarrow{u_n}$ que l'on peut aussi écrire : $\vec{a} = \dfrac{GM_G}{(R_G + h)^2}\overrightarrow{u_n} + 0\overrightarrow{u_t}$.

Par analogie entre ces deux expressions de $\vec{a}$, on en déduit que :

$$\begin{cases} \dfrac{v^2}{R_G + h} = \dfrac{GM_G}{(R_G + h)^2} \text{ sur } \overrightarrow{u_n} \\ \dfrac{dv}{dt} = 0 \text{ sur } \overrightarrow{u_t} \end{cases}.$$

Comme $\dfrac{dv}{dt} = 0$ alors v = Cte : le mouvement du satellite JUICE est bien uniforme autour de Ganymède.

Q.4. Montrer que la vitesse de la sonde JUICE peut s'écrire : $v = \sqrt{\dfrac{G \times M_G}{R_G + h}}$

$\dfrac{v^2}{R_G + h} = \dfrac{GM_G}{(R_G + h)^2}$ donc $v^2 = \dfrac{GM_G}{R_G + h}$ finalement : $v = \sqrt{\dfrac{G \times M_G}{R_G + h}}$.

Q.5. Établir l'expression de la période T en fonction de R_G, h, M_G et G puis en déduire que sur l'orbite circulaire d'altitude 500 km, la sonde JUICE a une période de valeur proche de T_{500} = 2,77 h.

Pendant une période de révolution T, la sonde JUICE parcourt son orbite circulaire de périmètre $2\pi(R_G + h)$ à la vitesse v.

$$v = \frac{2\pi(R_G + h)}{T}$$

$$T = \frac{2\pi(R_G + h)}{\sqrt{\dfrac{G \times M_G}{R_G + h}}}$$

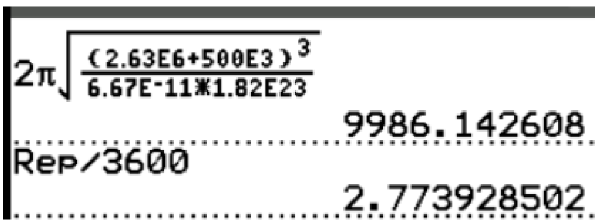
$$T^2 = \frac{(2\pi)^2 (R_G + h)^2}{\dfrac{G \times M_G}{R_G + h}}$$

$$T^2 = 4\pi^2 (R_G + h)^2 \times \frac{(R_G + h)}{G \times M_G} = 4\pi^2 \frac{(R_G + h)^3}{G \times M_G}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_G + h)^3}{G \times M_G}}.$$

Pour h = 500 km = 500×10^3 m :

$$T_{500} = 2\pi\sqrt{\frac{(2{,}63 \times 10^6 + 500 \times 10^3)^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 1{,}82 \times 10^{23}}} \approx 9{,}99 \times 10^3 \text{ s} = 2{,}77 \text{ h}.$$



Q6. En utilisant la troisième loi de Kepler, déterminer la période de la sonde JUICE sur son orbite circulaire d'altitude 5 000 km.

3ème loi de Kepler : $\dfrac{T^2}{(R_G+h)^3}=Cte$.

On applique cette loi sur les orbites circulaire d'altitude 500 km et 5000 km soit :

$$\frac{T_{500}^2}{(R_G+h_{500})^3}=\frac{T_{5000}^2}{(R_G+h_{5000})^3} \quad \text{soit} \quad T_{5000}^2=T_{500}^2\frac{(R_G+h_{5000})^3}{(R_G+h_{500})^3} \quad \text{d'où : } T_{5000}^2=T_{500}^2\left(\frac{R_G+h_{5000}}{R_G+h_{500}}\right)^3$$

Finalement : $T_{5000}=T_{500}\left(\dfrac{R_G+h_{5000}}{R_G+h_{500}}\right)^{\frac{3}{2}}$.

$$T_{5000}=2,77\times\left(\frac{2,63\times10^6+5000\times10^3}{2,63\times10^6+500\times10^3}\right)^{\frac{3}{2}} = 10,54 \text{ h.}$$

« Les 1167 orbites que la sonde JUICE effectuera autour de Ganymède suffiront à révéler les secrets qu'elle cache sous sa couche de glace ».

Q7. En utilisant les réponses aux questions 5 et 6 ; estimer le nombre d'orbites effectuées par la sonde JUICE autour de Ganymède et commenter la phrase ci-dessus.

La sonde JUICE restera 90 jours = 90×24 h sur une orbite circulaire d'altitude 5 000 km. Elle effectue donc :

$$N_{5000}=\frac{90\times24}{T_{5000}}=\frac{90\times24}{10,54}\approx 205 \text{ orbites.}$$

La sonde JUICE restera 102 jours = 102×24 h sur une orbite circulaire d'altitude 5 00 km. Elle effectue donc : $N_{500}=\dfrac{102\times24}{T_{500}}=\dfrac{90\times24}{2,77}\approx 884$ orbites.

```
90*24
10.54
                204.9335863
102*24
2.77
                883.7545126
205+884
                       1089
```

Le nombre total d'orbites circulaire est donc : $N_{tot}=N_{5000}+N_{500}$ = 205 + 884 = 1089 orbites.
La différence avec les 1167 orbites est due aux orbites elliptiques durant la première phase et à celles durant la dernière phase avec une orbite circulaire d'altitude inférieure à 500 km.

2. Communication avec la Terre

Q.6. Indiquer à quel type d'ondes les ondes radio appartiennent : mécanique ou électromagnétique.

Les ondes radio sont des ondes électromagnétiques : elles peuvent se propager dans le vide de l'espace.

Q.7. Montrer, en négligeant la distance entre la sonde JUICE et Jupiter, que le temps mis par le signal radio pour faire un aller-retour entre la sonde JUICE et la Terre est proche de celui annoncé.

Le signal radio effectue un aller-retour entre la Terre et Jupiter, de distance $2d_{max}$, pendant la durée maximale Δt à la célérité $c = 3,00\times10^8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$:

$$c=\frac{2d_{max}}{\Delta t} \quad \text{soit } \Delta t=\frac{2d_{max}}{c} \quad \text{d'où : } \Delta t=\frac{2\times9,3\times10^{11}\text{ m}}{3,00\times10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}=6,2\times10^3 \text{ s} \approx 1,72 \text{ h} = 1 \text{ h } 43 \text{ min.}$$

La valeur obtenue est voisine de celle indiquée 1 h 46 min.

```
2*9.3E11
3.00E8
                       6200
Rep/3600
                1.722222222
Rep-1
               0.7222222222
Rep*60
                43.33333333
```