

Barème et correction

Le pendule simple

I Un pendule simple non amorti :(sur 19 pts)**1-1 Etude dans le cas de petites oscillations: $\sin(q) \approx q$:**

Considérons le système constitué de la masse m , dans le référentiel R galiléen.

0,5 pt

Les forces appliquées au système est :

- le poids $m\mathbf{g} = mg(\cos(q)\mathbf{u}_r - \sin(q)\mathbf{u}_q)$

0,5 pt

- la tension du fil, $\mathbf{T} = -T\mathbf{u}_r$;

0,5 pt

1-1-1 La projection de la relation fondamentale suivant \mathbf{k} est nulle. \mathbf{k} est un vecteur perpendiculaire au plan $(\mathbf{g}, \mathbf{OM}_O)$. Comme \mathbf{V}_O est nulle, le mouvement est donc dans ce plan. **1,5pt**

1-1-2

Le moment de la tension est nul.

0,5 pt

D'après le théorème du moment cinétique :

$$\frac{d\mathbf{L}}{dt} = ml^2 \frac{d^2 q}{dt^2} \mathbf{k}$$

$$= \mathbf{OM} \wedge m \cdot \mathbf{g} = -m \cdot l \cdot \sin(\theta) \cdot \mathbf{k} \text{ soit}$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{g}{l} \sin(q) = 0$$

1,5 pt

1-1-3

Aux petits angles, $\frac{d^2 \mathbf{q}}{dt^2} + \frac{g}{l} \mathbf{q} = \frac{d^2 \mathbf{q}}{dt^2} + \mathbf{w}_o^2 \mathbf{q} = 0$

0,5 pt

avec $\boxed{\mathbf{w}_o^2 = \frac{g}{l}}$

0,5 pt

$\theta(t) = A \cdot \cos(\omega_o t) + B \cdot \sin(\omega_o t)$ ou $A \cdot \cos(\omega_o t + \phi)$

0,5 pt

A $t = 0$, $\theta = \theta_o$ et $\frac{d\mathbf{q}}{dt}(t=0) = 0$ alors $\boxed{\theta(t) = \theta_o \cdot \cos(\omega_o t)}$

0,5 pt

1-2 Etude aux grands angles : $\sin(\mathbf{q})$ \mathbf{q} (9 pts)

1-2-1 $\boxed{E_p = -mgx}$.

1 pt

On prendra l'origine de E_p pour $x=0$.

0,5 pt

$\boxed{E_p = -mgl \cos(\theta)}$.

0,5 pt

1-2-2 Le poids dérive d'une énergie potentielle

0,5 pt

et la tension ne travaille pas car elle est perpendiculaire au mouvement.

0,5 pt

$\Delta E_C = W_p + W_T = -\Delta E_p$ alors $\Delta E_m = 0$: Il y a donc conservation de l'énergie mécanique .

1 pt

Comme $E_C = \frac{1}{2} m l^2 \left(\frac{d\mathbf{q}}{dt} \right)^2$

0,5 pt

$\frac{1}{2} m l^2 \left(\frac{d\mathbf{q}}{dt} \right)^2 - mgl \cos(\mathbf{q}) = E_m$

0,5 pt

On lâche la particule sans vitesse initiale d'un angle θ_o sans vitesse initiale :

$\boxed{\frac{1}{2} m l^2 \left(\frac{d\mathbf{q}}{dt} \right)^2 - mgl \cos(\mathbf{q}) = -mgl \cos(\mathbf{q}_o)}$

0,5 pt

alors $\frac{d\mathbf{q}}{dt} = \pm \sqrt{2 \mathbf{w}_o^2 (\cos(\mathbf{q}) - \cos(\mathbf{q}_o))}$ et $dt = \pm \frac{d\mathbf{q}}{\sqrt{2 \mathbf{w}_o^2 (\cos(\mathbf{q}) - \cos(\mathbf{q}_o))}}$

1 pt

Le choix du signe dépend du sens du mouvement.

En raison de la symétrie du problème, le passage de 0 à θ_0 représente $\frac{1}{4}$ de la période. **1 pt**

Entre 0 et θ_0 , θ augmente, on prend donc la racine positive : **0,5 pt**

$$\frac{dq}{dt} = \sqrt{2w_0^2 (\cos(q) - \cos(q_0))}.$$

En intégrant sur $\frac{1}{4}T$, il vient : $\frac{T}{4} = \int_0^{q_0} \frac{dq}{\sqrt{2w_0^2 (\cos(q) - \cos(q_0))}}$ **1 pt**

On retrouve que la période n'est constante qu'aux petits angles. Aux grands angles, elle augmente avec θ_0 . **1 pt**

1-2-4 Il suffit de mesurer le temps entre deux passages successifs par la verticale dans le même sens. On mesure alors la période. Il suffit de répéter l'expérience pour différentes valeurs de θ_0 . On obtient $T(\theta_0)$.

On peut aussi faire les enregistrements de $\theta(t)$ à l'aide d'un potentiomètre rotatif lié à un oscillo à mémoire. On mesure T à l'oscillo comme un signal sinusoïdal. **2 pts**

II Oscillateur amorti : (12 pts)

2-1 Considérons le système constitué de la masse m , dans le référentiel galiléen.

Les forces appliquées au système est :

- le poids $m\mathbf{g} = mg(\cos(q)\mathbf{u}_r - \sin(q)\mathbf{u}_q)$

- la tension du fil, $\mathbf{T} = T\mathbf{u}_r$;

- les frottements, $\mathbf{f} = -\alpha \cdot \mathbf{v} = -\alpha l \frac{dq}{dt} \mathbf{u}_r$

0,5 pt

La relation fondamentale donne : $m\mathbf{a} = m\mathbf{g} + \mathbf{T} - \mathbf{f}$

0,5 pt

La projection de la relation fondamentale donne :

$$ml \frac{d^2q}{dt^2} = -\alpha l \frac{dq}{dt} - mg \sin(q) \text{ soit } \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{\alpha}{m} \frac{dq}{dt} + \frac{g}{l} \sin(q) = 0$$

2 pts

En supposant les angles petits, on peut écrire l'équation sous la forme :

$$\frac{d^2 \mathbf{q}}{dt^2} + \frac{\mathbf{a}}{m} \frac{d\mathbf{q}}{dt} + \frac{\mathbf{g}}{l} \mathbf{q} = 0 \text{ soit } \frac{d^2 \mathbf{q}}{dt^2} + \frac{2}{t} \frac{d\mathbf{q}}{dt} + \mathbf{w}_o^2 \mathbf{q} = 0 \quad 0,5 \text{ pt}$$

$$\boxed{t = \frac{2m}{a}} ; \quad \boxed{\mathbf{w}_o^2 = \frac{g}{l}} . \quad 0,5 \text{ pt}$$

τ est le temps caractéristique de l'amortissement. 0,5 pt

2-2 Il faut $\Delta = \mathbf{w}_o^2 - \frac{1}{t^2} > 0$ soit $\mathbf{w}_o > \frac{1}{t}$ 0,5 pt

$$\boxed{w = \sqrt{\mathbf{w}_o^2 - \frac{1}{t^2}}} ; \quad \boxed{d = \frac{T}{t}} ; \quad \boxed{T = \frac{2p}{w} = \frac{2p}{\sqrt{\mathbf{w}_o^2 - \frac{1}{t^2}}}} \quad \begin{array}{l} 1 \text{ pt} \\ 1 \text{ pt} \\ 0,5 \text{ pt} \end{array}$$

2-3 On donne l'enregistrement $\theta(t)$

a) On mesure deux maxima successifs :

$\theta_1 = 8,95$ et $\theta_5 = 8,02$ alors $\boxed{d = \frac{T}{t} = 1,09 \cdot 10^{-1}}$ 1 pt

b) On mesure 7 pseudo-périodes, soit $\boxed{T = \frac{\delta t}{7} = 1,10 \text{ s}}$ 1 pt

c) le temps $\boxed{\tau = 10,1 \text{ s}}$ 1 pt

d) le coefficient de frottement , $\boxed{\alpha = 0,093 \text{ N.m}^{-1}.\text{s}}$ 1 pt

III Oscillateur paramétrique :(14 pts)

3-1 Le référentiel R' est un référentiel en **translation rectiligne** par rapport au référentiel R, supposé galiléen. La vitesse du point O' est **sinusoïdale** : Le référentiel R' **n'est pas galiléen**. 2 pts
(0,5 pt par mot clef)

3-2/3 Le système est constitué de la masselotte de masse m. Les forces subies sont :

- * le poids, $m\mathbf{g}$;
- * la tension de la tige, \mathbf{T} ;
- * la force d'inertie d'entraînement : $\mathbf{f}_{ie} = - m \cdot \mathbf{a}(O')$

La force de Coriolis est nulle car le référentiel est en translation. 0,5 pt

Dans la base polaire $(\mathbf{u}_r, \mathbf{u}_\theta)$, la projection des forces donne :

- * $m \cdot \mathbf{g} = m \cdot g \cdot (\cos(\theta) \cdot \mathbf{u}_r - \sin(\theta) \cdot \mathbf{u}_\theta)$
- * $\mathbf{T} = -T \cdot \mathbf{u}_r$

Comme $\mathbf{O'M} = l.\mathbf{u}_r$, $\mathbf{v} = l. \frac{d\theta}{dt} .\mathbf{u}_\theta$,

$$\mathbf{OO'} = D_m.\cos(\omega.t).\mathbf{i} \text{ et } \mathbf{a}(O') = -\omega^2.D_m.\cos(\omega.t).\mathbf{i}$$

$$* \text{ fie} = m.D_m.\omega^2.\cos(\omega.t).\mathbf{i}$$

$$= m.D_m.\omega^2.\cos(\omega.t).(\cos(\theta).\mathbf{u}_r - \sin(\theta).\mathbf{u}_\theta)$$

1 pt

O' est un point fixe dans R'. Le moment cinétique en O' dans R' est :

$$\mathbf{L}(O') = \mathbf{OM} \wedge m.\mathbf{v} = l.\mathbf{u}_r \wedge m.l. \frac{d\theta}{dt} \mathbf{u}_\theta = m.l^2. \frac{d\theta}{dt} .\mathbf{k}$$

0,5 pt

0,5 pt

où \mathbf{k} est un vecteur unitaire tel que $(\mathbf{u}_r, \mathbf{u}_\theta, \mathbf{k})$ soit une base orthonormée

$$\text{directe. } \frac{d\mathbf{L}}{dt}(O') = m.l^2. \frac{d^2\theta}{dt^2} .\mathbf{k}$$

0,5 pt

En appliquant le théorème du moment cinétique en O', fixe dans R', non galiléen

:

$$\frac{d\mathbf{L}}{dt}(O') = \mathbf{M}(mg) + \mathbf{M}(\text{fie}) + \mathbf{M}(\mathbf{T})$$

0,5 pt

$$\text{Alors, } \mathbf{M}(mg) = \mathbf{OM} \wedge m.\mathbf{g}$$

$$= (l.\mathbf{u}_r) \wedge (m.g.(\cos(\theta).\mathbf{u}_r - \sin(\theta).\mathbf{u}_\theta))$$

$$= -m.g.l.\sin(\theta).\mathbf{k}$$

1 pt

$$\mathbf{M}(\text{fie}) = \mathbf{OM} \wedge \text{fie}$$

$$= (l.\mathbf{u}_r) \wedge m.D_m.\omega^2.\cos(\omega.t).(\cos(\theta).\mathbf{u}_r - \sin(\theta).\mathbf{u}_\theta)$$

$$= -m.D_m.l.\omega^2.\cos(\omega.t).\sin(\theta).\mathbf{k}$$

1 pt

$$\mathbf{M}(\mathbf{T}) = \mathbf{0} \text{ car } \mathbf{OM} \text{ est colinéaire à } \mathbf{T}$$

0,5 pt

Alors, par projection suivant \mathbf{k} , il vient :

$$m.l^2. \frac{d^2\theta}{dt^2} = -m.D_m.l.\omega^2.\cos(\omega.t).\sin(\theta) - m.g.l.\sin(\theta)$$

$$\text{Alors, } \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{D_m}{l} .\omega^2.\cos(\omega.t).\sin(\theta) - \frac{g}{l} .\sin(\theta)$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} .\sin(\theta) \left[1 + \frac{D_m}{g} .\omega^2.\cos(\omega.t) \right] = 0$$

$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega_0^2.\sin(\theta) [1 + h(t)] = 0$

2 pt

avec $\omega_0^2 = \frac{g}{l}$ et $h(t) = \frac{D_m}{g} \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t)$

0,5 pt
1 pt

3-4 Lorsque $\omega = 2 \cdot \omega_0$, il y a résonance paramétrique. Le signal s'amplifie. Mais lorsque l'amplitude augmente, la période des amplitudes aussi. La pulsation d'excitation n'est plus le double de la période propre de l'oscillateur. Il n'y a plus résonance et l'amplitude diminue. On observe donc un phénomène de battement. **2 pts**

LES CIRCUITS OSCILLANTS

IV Oscillateur en régime sinusoïdal forcé :(12,5 pts)

4-1a) $V_1 = E_0$ et $V_2 = u_C(t) + u(t)$

$V_s = k \cdot E_0 \cdot (u_C + u(t))$

0,5 pt

b) En appliquant la loi des mailles: $i = C \frac{du_c}{dt}$

$$u + u_c + LC \frac{d^2 u_c}{dt^2} + RC \frac{du_c}{dt} = V_s$$

$$U\sqrt{2} \cos(\omega t) + u_c + LC \frac{d^2 u_c}{dt^2} + RC \frac{du_c}{dt} = kE_0 (u_c + U\sqrt{2} \cos(\omega t))$$

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{du_c}{dt} + \frac{1 - kE_0}{LC} u_c = \frac{kE_0 - 1}{LC} (U\sqrt{2} \cos(\omega t))$$

On peut écrire l'équation sous la forme :

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{2}{t} \frac{du_c}{dt} + \omega_o^2 u_c = \omega_o^2 A \cos(\omega t)$$

2 pts

Avec $t = \frac{2L}{R}$,

0,5 pt

$\omega_o^2 = \frac{1 - kE_0}{LC}$;

0,5 pt

$A = -\sqrt{2}U$

0,5 pt

On obtient une pulsation propre pilotée par E_0

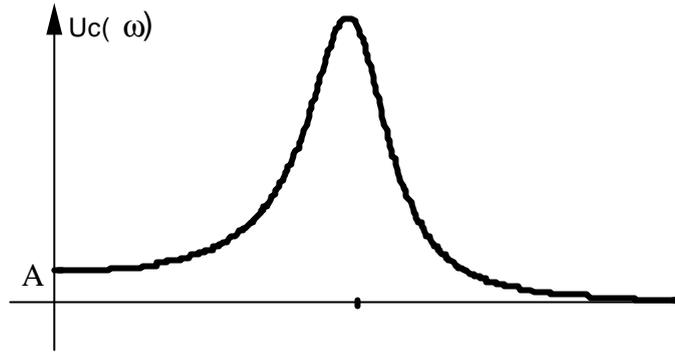
4-2

$$\left(-\omega^2 + \frac{2j\omega}{t} + \omega_o^2\right)U_c = A\omega_o^2$$

2 pts

$$\text{soit } U_c = \frac{A\omega_o^2}{\left(-\omega^2 + \frac{2j\omega}{t} + \omega_o^2\right)}$$

$$U_c = \frac{A\omega_o^2}{\sqrt{(\omega^2 - \omega_o^2)^2 + \left(\frac{2\omega}{t}\right)^2}}$$



1,5 pt

$$Q = \frac{L\omega_o}{R} = 10,5 : \text{Il y a r\u00e9sonance d'amplitude.}$$

1 pt

On place un multim\u00e8tre aux bornes du condensateur de capacit\u00e9 C. On fait varier la fr\u00e9quence du GBF et on rel\u00e8ve la valeur U_{ceff} et la fr\u00e9quence.

1 pt

On ne peut pas utiliser directement un oscilloscope \u00e0 cause du probl\u00e8me de la masse qui doit \u00eatre commune. On peut contourner le probl\u00e8me en envoyant $u(t) + u_c(t)$ sur la voie 1 puis $u(t)$ sur la voie 2 et faire CH1-CH2

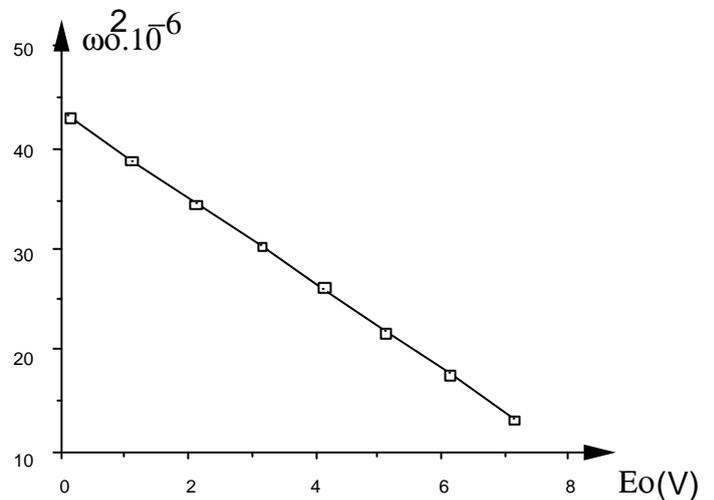
1 pt

4-3 On trace $\omega_o^2 = f(E_o)$ est une droite

de pente $-\frac{k}{LC}$.

On trouve $k = 0,1 \text{ V}^{-1}$

1,5 pt(courbe) + 0,5 pt (AN)



Mesure de g

(9 pts)

5-1 Les forces subies par la bille sont :

- les forces pressantes, $-p_0 \cdot s \cdot \mathbf{i}$ et $p \cdot s \cdot \mathbf{i}$
- le poids, $m\mathbf{g} = -mg \cdot \mathbf{i}$

1 pt

En appliquant la relation fondamentale, $m \frac{d^2x}{dt^2} = s(p - p_0) - mg$

1 pt

A l'équilibre, $0 = s(p - p_0) - mg$ alors $p_e = p_0 + \frac{mg}{s}$

0,5 pt

5-2 $dS = 0$ alors $pV^{\gamma} = p_0 V_0^{\gamma}$

0,5 pt

démonstration

1 pt

Sous forme différentielle, $\frac{dp}{dV} = -\frac{\gamma p_0}{V_0}$

0,5 pt

5-3 $dp = -\frac{\gamma p_0}{V_0} dV$ soit $p - p_0 = -\frac{\gamma p_0}{V_0} sx$

0,5 pt

5-4 En reportant dans la relation fondamentale, $m \frac{d^2x}{dt^2} = s(p - p_0) - mg$

il vient $m \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{\gamma p_0 s^2}{V_0} x - mg$ soit $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\gamma p_0 s^2}{mV_0} x = -g$

1 pt

5-5

La pulsation ω_0 vérifie $\omega_0^2 = \frac{\gamma p_0 s^2}{mV_0} = \frac{4p^2}{q^2}$

1 pt

La période est : $q = 2p \sqrt{\frac{mV_0}{\gamma p_0 s^2}}$

0,5 pt

Si $\theta = 1,12$ alors $\gamma = 1,3$

0,5 pt

On retrouve le γ d'un gaz diatomique.

0,5 pt

C'est le cas de l'air qui contient essentiellement O_2 et N_2 .

0,5 pt

CHIMIE : Autour des halogènes (sur 33,5 points)

I Atomes, molécules : (12 pts)

1-1 La structure électronique externe est : $(ns)^2 (np)^5$ 1 pt
La structure électronique du chlore Cl est: $(Ne)(3s)^2.(3p)^5$ 2 pts

1-2 Electronégativité :

1-2-1 L'électronégativité χ est une grandeur qui mesure l'aptitude d' un atome B à attirer à lui le doublet électronique qui l'associe à un autre atome. 1,5 pt

L'échelle de Mulliken définit l'électronégativité comme la moyenne arithmétique des énergies d'ionisation et d'affinité électronique. Un facteur 1,5 pt
d'échelle rend cette grandeur sans dimension.

1-2-2 L'électronégativité **croît lorsque l'on se déplace de la gauche vers la droite,** 0,5 pt

ou **du bas en haut** dans la classification périodique. 0,5 pt

1-3 Rayons:

1-3-1 Le rayon covalent correspond à la moitié de la distance internucléaire 1,5 pt
mesurable dans la molécule X_2 ou un cristal du corps pur considéré.

On peut le déterminer par diffraction des rayons X ou des électrons. 0,5 pt
Le rayon ionique correspond au rayon de l'ion assimilé à une sphère dure.

On le détermine dans les cristaux par la diffraction des rayons X. 1,5 pt

1-3-2 Dans une période, le rayon **décroit quand Z croit.** 0,5 pt

L'addition d'un électron s ou p sur une sous couche insaturée change faiblement la constante d'écran donc Z_{eff} croit et l'attraction électrostatique étant de plus en plus forte, le rayon décroît.

Dans un groupe, **le rayon covalent croît** ; évolution normale puisque le changement de période implique la présence de 8 ou 18 électrons 0,5 pt
supplémentaires.

II Cinétique d'hydrolyse du 2 chloro 2-méthyl propane : (8,5 pts)

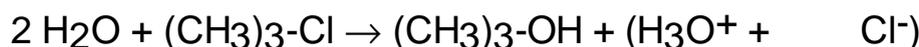
2-1 La cinétique est d'ordre 1 alors $\frac{d[(CH_3)_3CCl]}{dt} = -k[(CH_3)_3CCl]$

$\frac{d[(CH_3)_3CCl]}{[(CH_3)_3CCl]} = -k dt$ soit en intégrant, $\int_{C_0}^C \frac{d[(CH_3)_3CCl]}{[(CH_3)_3CCl]} = -kt = \ln\left(\frac{C}{C_0}\right)$

$\ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = -kt$ ou $C = C_0 \cdot \exp(-kt)$

2 pts

Le 2 chloro 2-méthyl propane s'hydrolyse suivant la réaction :



conditions initiales	C_0			
t quelconque	$C_0 - x(t)$	$x(t)$	$x(t)$	$x(t)$
$t \rightarrow \infty$	0	C_0	C_0	C_0

Alors, à l'instant t, $\sigma = 1000 \cdot \lambda(H_3O^+) \cdot x(t) + 1000 \cdot \lambda(Cl^-) \cdot x(t)$

$\sigma(t) = (1000 \cdot \lambda(H_3O^+) + 1000 \cdot \lambda(Cl^-)) \cdot x(t)$

Quand $t \rightarrow \infty$, $\sigma_\infty = (1000 \cdot \lambda(H_3O^+) + 1000 \cdot \lambda(Cl^-)) \cdot C_0$

1 pt
0,5 pt

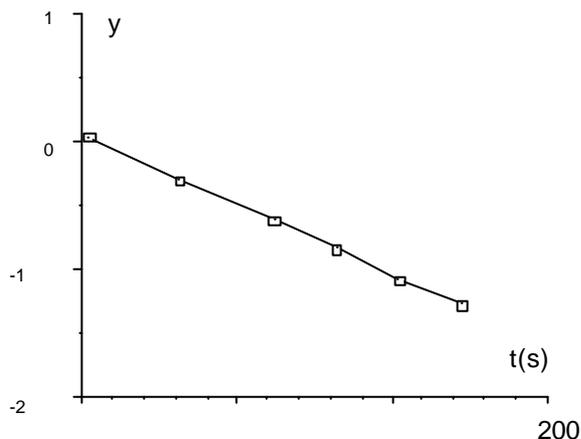
Alors, $\sigma = \sigma_\infty \frac{x(t)}{C_0}$ alors $\frac{\sigma}{\sigma_\infty} = \frac{x(t)}{C_0}$

$\frac{\sigma_\infty - \sigma}{\sigma_\infty} = \exp(-kt)$ soit

$\ln\left(\frac{\sigma_\infty - \sigma}{\sigma_\infty}\right) = -kt$ **1,5 pt**

2-2 La régression linéaire donne

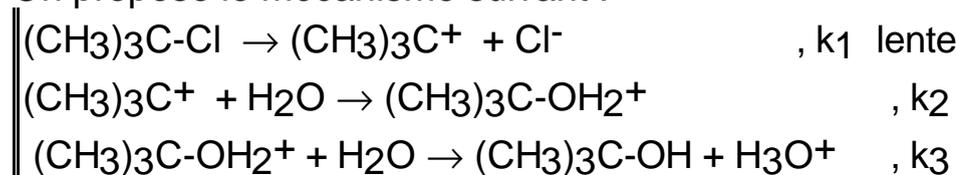
$k = 11 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ **1 pt**



1 pt

(échelle non précisé : 0,5)

2-3 On propose le mécanisme suivant :



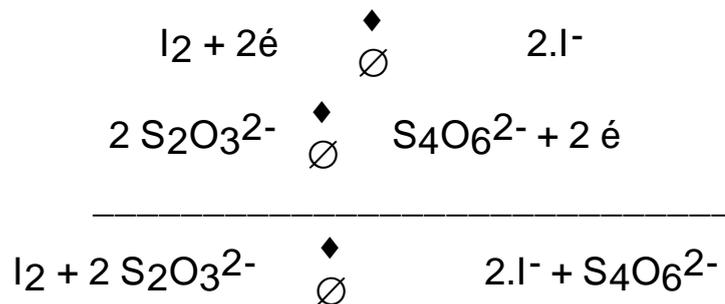
1,5 pt

La vitesse de la réaction est la vitesse de l'étape cinétiquement déterminante:

$v = k_1 \cdot [(CH_3)_3CCl]$. $k = k_1$. Ceci est en accord avec l'expérience.

III Solutions aqueuses d'halogènes : (10 pts)

3-1-1



2 pts

3-1-2

A l'équilibre, $E_1 = E_2$,

$$E^\circ(\text{I}_2/\text{I}^-) + 0,03 \cdot \log\left(\frac{[\text{I}_2]}{[\text{I}^-]^2}\right) =$$

$$E^\circ(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}/\text{S}_4\text{O}_6^{2-}) + 0,03 \cdot \log\left(\frac{[\text{S}_4\text{O}_6^{2-}]}{[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]}\right)$$

$$\frac{E^\circ(\text{I}_2/\text{I}^-) - E^\circ(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}/\text{S}_4\text{O}_6^{2-})}{0,03} = \log\left(\frac{[\text{S}_4\text{O}_6^{2-}] \cdot [\text{I}^-]^2}{[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] \cdot [\text{I}_2]}\right) = \log(K)$$

0,5 pt

2 pts

$\log(K) = 18$ soit $\boxed{K = 10^{18}}$: $K \gg 1$:

0,5 pt

La réaction est **quasi-totale** et sert pour les dosages.

0,5 pt

L'équivalence est repérée par le virage de l'incolore au bleu en présence de l'empois d'amidon.

0,5 pt

3-2 En milieu acide, la réaction est :



1,5 pt

Il se forme un dégagement de dichlore, Cl_2 qui est un gaz toxique.

0,5 pt

3-3 La réaction est : $2\text{ClO}^- \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{Cl}^-$

1,5 pt

On peut conserver de l'eau de Javel car la réaction est cinétiquement très lente.

0,5 pt

IV Détermination d'une constante de précipitation :(3 pts)

4-1 Le potentiel de l'électrode d'argent est :

0,5 pt

$$E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) + 0,06 \cdot \log([\text{Ag}^+])$$

Alors

$$\begin{aligned} U_{AB} &= E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) + 0,06 \cdot \log([\text{Ag}^+]_A) - E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) - 0,06 \cdot \log([\text{Ag}^+]_B) \\ &= 0,06 \cdot \log([\text{Ag}^+]_A) - 0,06 \cdot \log\left(\frac{K_s}{[\text{Cl}^-]_B}\right) \end{aligned}$$

$$U = 0,06 \cdot \log([\text{Ag}^+]_A \cdot [\text{Cl}^-]_B) + 0,06 \cdot \text{p}K_s$$

2 pts

4-2 $0,48 = -0,12 + 0,06 \cdot \text{p}K_s$ alors $\boxed{\text{p}K_s = 10}$.

0,5 pt