

## Corrigé sujet-PhysChim-com A Version 13

Le barème pour chaque application numérique (avec unité correcte) est de 0.5 pt pour un total de 200 pts

Ce barème sera, dans certains cas, modulé selon la présentation :

Copie particulièrement bien présentée avec explications : +1 à +4 pts sur 200 pts

Copie particulièrement mal présentée : -1 à -4 pts sur 200 pts

Copie standard : barème standard !

Les modulations extrêmes doivent rester exceptionnelles.

Si le candidat obtient un résultat par une méthode correcte qui n'est pas celle du corrigé, et sauf si l'énoncé exige une résolution par une méthode donnée, le correcteur peut, selon son appréciation, lui attribuer tout ou partie des points.

### Electricité.

Barème Electricité 51 pts (sur un total de 200 pts)

1) 1 pt	13) 5 pts
2) 3 pts	14) 2 pts
3) 2 pts	15) 4 pts
4) 1 pt	16) 1 pt
5) 2 pts	17) 4 pts
6) 2 pts	18) 1 pt
7) 3 pts	19) 2 pts
8) 2 pts	20) 2 pts
9) 2 pts	21) 1 pt
10) 3 pts	22) 2 pts
11) 2 pts	23) 2 pts
12) 2 pts	

#### Détermination de r

1) *Barème 1pt*

$$u(t) = r.i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

*1pt*

2) *Barème 3pts*

L'alimentation est ici continue (constante), en régime permanent, toutes les grandeurs électriques sont constantes et leurs dérivées nulles, donc la tension aux bornes de la bobine se résume à  $U = r.I$ . La loi des mailles amène donc à :  $E_0 = r_0.I + r.I + R.I$ ,

de plus :  $U_R = R.I$  donc :

$$r = \frac{E_0}{U_R} \cdot R - R - r_0$$

*2.5pts*

Et donc

$$r = 29.4 \Omega$$

*0.5pt*

#### Détermination de r et L à partir d'un oscillogramme.

3) *Barème 2 pts*

D'après l'oscillogramme (et l'énoncé !)

$$\text{et } \begin{cases} U_e = 5V \\ U_R = 2.5V \end{cases}$$

*1pt*

*1pt*

4) *Barème 1pt*

La loi d'Ohm appliquée à R est  $U_R = R.I$  donc

$$I = \frac{U_R}{R}$$

*0.5pt*

$$\text{et } I = 62.5 \text{ mA}$$

*0.5pt*

5) *Barème 2pts*

L'impédance complexe  $\underline{Z}$  d'un dipôle (linéaire en régime sinusoïdal établi) est définie

par le rapport  $\underline{Z} = \frac{\underline{u}}{\underline{i}}$  de la valeur complexe de la tension à ses bornes à la valeur

complexe du courant qui le traverse. L'impédance  $Z$  (module de  $\underline{Z}$ ) a donc pour expression (définition pour certains auteurs) le rapport de la valeur efficace  $U_{\text{eff}}$  de la tension aux bornes de ce dipôle à la valeur efficace  $I_{\text{eff}}$  du courant qui traverse ce dipôle.

$$\boxed{Z = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}}}$$

Ce qui ici est identique au rapport des amplitudes

$$\boxed{Z = \frac{U}{I}}$$

*1pt**L'une ou l'autre des réponses*

Pour le dipôle AM :  $\boxed{Z_{\text{AM}} = \frac{U_e}{I}}$

*0.5pt*

Donc  $\boxed{Z_{\text{AM}} = 80 \Omega}$

*0.5pt*6) *Barème 2pts*

D'après l'oscillogramme, la tension  $u_e$  passe par son maximum, avant (moins d'une demi période) la tension  $u_R$ , donc  $u_e$  est en avance sur  $u_R$ .

*2pts*7) *Barème 3pts . (Résultat non justifié 0 pt)*

D'après l'oscillogramme, le décalage entre les 2 tensions est  $\Delta t = \frac{T}{12}$ , soit un déphasage

de  $2\pi \frac{\Delta t}{T} = \frac{\pi}{6}$  donc

$$\boxed{\varphi_{u_e/i} = +\frac{\pi}{6} \approx 0.52 \text{ rad}}$$

*3pts*

(Ou bien, à  $t = 0$ ,  $u_e$  passe par 0 en croissant :  $u_e = U_e \cdot \sin(\omega t)$  et  $u_R$  passe par  $-\frac{U_R}{2}$  en

croissant :  $u_R = U_R \cdot \sin(\omega t - \varphi_{u_e/u_R})$  Amène à :  $\sin(-\varphi_{u_e/u_R}) = -\frac{1}{2}$ . La seule valeur

correspondant à ces conditions est :  $\varphi_{u_e/u_R} = +\frac{\pi}{6}$  ou :  $\boxed{\varphi_{u_e/i} = +\frac{\pi}{6}}$  )

8) *Barème 2pts*

L'impédance complexe du dipôle AM s'écrit:  $\underline{Z}_{\text{AM}} = r + R + jL\omega + \frac{1}{jC\omega}$  ou

$$\boxed{\underline{Z}_{\text{AM}} = r + R + j \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)}$$

*2pts*9) *Barème 2pts*

Cette impédance complexe peut aussi s'écrire :  $\underline{Z}_{\text{AM}} = Z_{\text{AM}} \cdot \exp(j\varphi_{u_e/i})$  ou encore :

$$\boxed{\underline{Z}_{\text{AM}} = Z_{\text{AM}} \cdot \cos(\varphi_{u_e/i}) + j Z_{\text{AM}} \cdot \sin(\varphi_{u_e/i})}$$

*2pts*

*La totalité des 2 pts est accordée pour l'une ou l'autre des expressions*

10) *Barème 3pts*Par identification, il vient :  $r = Z_{AM} \cdot \cos(\varphi_{u_e/i}) - R$ 

2.5pt

et l'on obtient

$$r = 29.3 \Omega$$

0.5pt

11) *Barème 2pts*De même : il vient :  $L \cdot \omega - \frac{1}{C \cdot \omega} = Z_{AM} \cdot \sin(\varphi_{u_e/i})$  donc

$$L = \frac{1}{\omega} \left( \frac{1}{C \omega} + Z_{AM} \cdot \sin(\varphi_{u_e/i}) \right)$$

1.5pt

et donc

$$L = 66 \text{ mH}$$

0.5pt

**Étude de la fonction de transfert.**12) *Barème 2pts*

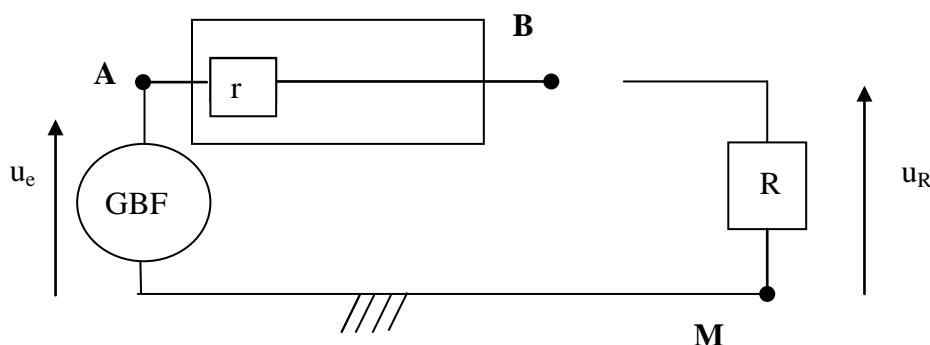
La fonction de transfert du filtre ainsi formé est définie par :

$$\underline{H} = \frac{\underline{u}_R}{\underline{u}_e}$$

2pts

13) *Barème 5pts*

En basse fréquence l'inductance se comporte comme un interrupteur fermé et la capacité comme un interrupteur ouvert,

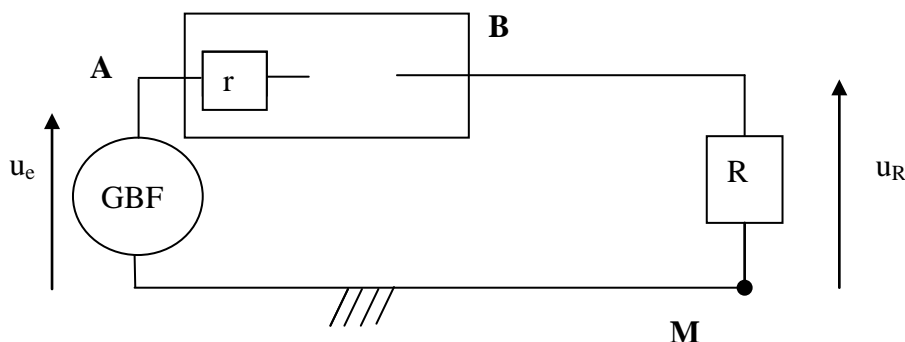


1pt

Le circuit est donc parcouru par un courant nul. La tension  $U_R = R \cdot i$  de sortie tend donc vers zéro en basse fréquence.

1pt

En haute fréquence, l'inductance se comporte comme un interrupteur ouvert et la capacité comme un interrupteur fermé,



1pt

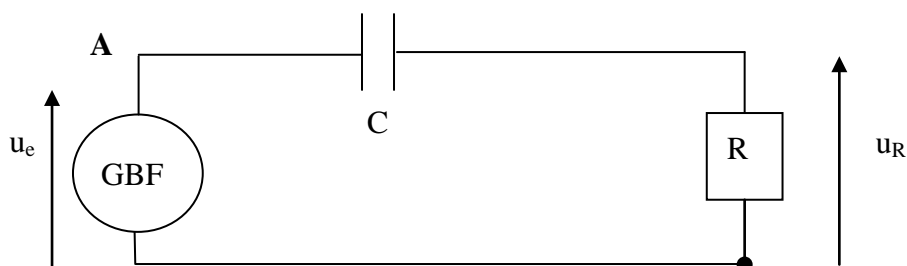
Le circuit est encore parcouru par un courant nul. La tension de sortie tend donc vers zéro en haute fréquence.

1pt

**On peut aussi** accepter une version moins « brutale » des basses et hautes fréquences consistant à conserver, indépendamment de R, le dipôle de plus grande impédance.

Ce qui donne les schémas :

Basses Fréquences

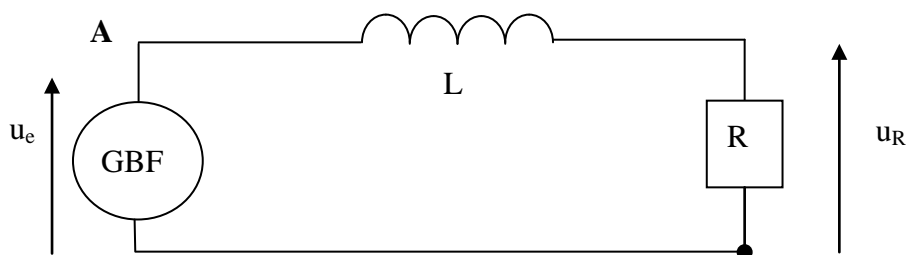


*1 pt*

Correspondant alors à une fonction de transfert  $\underline{H} \approx j.R.C.\omega$  dont le module tend vers 0 quand  $\omega$  tend vers 0. Donc  $U_R$  tend vers 0 quand  $\omega$  tend vers 0.

*1 pt*

Hautes Fréquences



*1 pt*

Correspondant alors à une fonction de transfert  $\underline{H} \approx \frac{R}{j.L.\omega}$  dont le module tend vers 0 quand  $\omega$  tend vers  $\infty$ . Donc  $U_R$  tend vers 0 quand  $\omega$  tend vers  $\infty$ .

*1 pt*

Ce filtre est vraisemblablement un filtre passe bande.

*1pt*

14) *Barème 2pts*

La fonction de transfert peut s'écrire, grâce à un diviseur de tension :

$$\underline{H} = \frac{R}{R + r + j\left(L.\omega - \frac{1}{C.\omega}\right)}$$

*2pts*

15) *Barème 4pts*

Pour la mettre sous la forme demandée  $\underline{H} = \frac{H_{\max}}{1 + j.Q.\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$ , il suffit de diviser par

R+r haut et bas.

$$\underline{H} = \frac{\frac{R}{R+r}}{1 + j.\left(\frac{L}{R+r}.\omega - \frac{1}{(R+r).C.\omega}\right)}$$

*1pt*

*pour une écriture de ce genre, montrant la façon de faire*

Il vient alors  $H_{\max} = \frac{R}{R+r}$  *1pt*

et  $\frac{Q}{\omega_0} = \frac{L}{R+r}$  et  $Q.\omega_0 = \frac{1}{(R+r).C}$  d'où  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L.C}}$  *1pt*

et  $Q = \frac{1}{R+r} \sqrt{\frac{L}{C}}$  *1pt*

16) *Barème 1pt*

Le diagramme de Bode est l'ensemble des deux courbes : GdB( $\omega$ ) et  $\varphi_{ur/ue}(\omega)$  ou GdB(f) et  $\varphi_{ur/ue}(f)$  en fonction de  $\omega$  ou f en échelle logarithmique. *1pt*

17) *Barème 4pts*

D'après le graphe, on remarque que le gain présente un maximum de

$$G_{dB \max} = -4,8 \text{ dB}$$

$G_{dB \max} = 20.\log(H_{\max})$  donc

$$\frac{R}{R+r} = 10^{\frac{G_{dB \max}}{20}}$$

$$r = 29.5 \Omega$$

*1.5pt*

on obtient alors

*0.5pt*

et le maximum du gain est obtenu lorsque la pulsation  $\omega = \omega_0$ , cela correspond à une fréquence  $f_0 = 196 \text{ Hz}$ .

Donc comme  $\omega_0^2 = \frac{1}{L.C}$ , il vient

$$L = \frac{1}{C.(2\pi f_0)^2}$$

*1.5pt*

c'est-à-dire:

$$L = 66 \text{ mH}$$

*0.5pt*

**Facteur de puissance**18) *Barème 1pt*

Le facteur de puissance d'un circuit est défini par :  $f_p = \frac{P}{U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}}$ , c'est, pour ce genre de problème :  $f_p = \cos(\varphi_{u/i})$  avec :  $u$  tension aux bornes du circuit et  $i$  courant qui traverse le circuit. (1 pt pour l'une ou l'autre des réponses) *1pt*

19) *Barème 2pts* Si  $u_e$  et  $u_R$  sont en phase, comme  $u_R$  est en phase avec  $i$ ,  $u_e$  et  $i$  sont en phase,  $\varphi_{u_e/i} = 0$  Le facteur de puissance du circuit AM vaut 1 *2pts*

20) *Barème 2pts* Si  $u_e$  et  $u_R$  sont en phase, comme  $u_R$  est en phase avec  $i$ ,  $u_e$  et  $i$  sont en phase et comme  $u_e = u_R + u_{AD}$ ,  $u_{AD}$  et  $i$  sont en phase (Seule possibilité pour ce genre de circuit passif). Ou bien, le circuit AM est résistif, et comme DM est résistif, AD est résistif  
Le facteur de puissance du circuit AD vaut alors 1. *2pts*

21) *Barème 1pt*

L'impédance complexe ainsi que l'admittance complexe du circuit AD sont donc des réels. *1pt*

22) *Barème 2pts*  $\underline{Y}_{AD} = \underline{Y}_{C'} + \underline{Y}_{rLC}$  donc  $\underline{Y}_{AD} = jC'\omega + \frac{1}{r + j\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)}$  *2pts*

23) *Barème 2pts*

La partie imaginaire de  $\underline{Y}_{AD}$  nulle amène à

$$C' = \frac{1}{\omega} \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{r^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

*1.5pt*

et  $C' = 10 \mu\text{F}$

*0.5pt*

## Mécanique.

Barème mécanique sur 43 pts (total 200 pts)

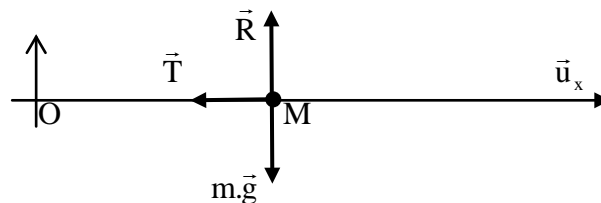
24) 5 pts	31) 4 pts
25) 3 pts	32) 4 pts
26) 4 pts	33) 2 pts
27) 3 pts	34) 4 pts
28) 3 pts	35) 4 pts
29) 3 pts	
30) 4 pts	

24) *Barème 5pts*

Système M. Référentiel galiléen.

*1pt*

Schéma



*1pt*

Bilan des forces : poids  $-m.g.\vec{u}_y$ , tension du ressort :  $\vec{T} = -k.x.\vec{u}_x$ , réaction du support  $R.\vec{u}_y$ .

*1pt*

La RFD selon  $\vec{u}_x$  amène :  $m.\ddot{x} = -k.x$  ou  $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

*2pts*

25) *Barème 3pts*

L'énergie potentielle élastique est :  $E_{p_{\text{élastique}}} = \frac{1}{2}k.(déformation)^2$ . Qui devient ici

$$E_{p_{\text{élastique}}} = \frac{1}{2}k.x^2$$

*3pts*

26) *Barème 4pts*

L'énergie mécanique du système {masse + ressort} est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle élastique (l'énergie potentielle de pesanteur ne varie pas dans cette question et peut être prise nulle)

$$E_m = \frac{1}{2}m.\dot{x}^2 + \frac{1}{2}k.x^2$$

*2pts*

La variation de l'énergie mécanique du système est égale à la somme des travaux des forces non conservatives exercées sur le système. La réaction ne travaille pas. La tension du ressort est conservative, le poids également, mais il ne travaille pas ici.

Donc  $E_m$  est conservée.

*2pts*

27) *Barème 3pts*

$E_m$  est conservée, donc ne varie pas au cours du temps.  
Sa dérivée par rapport à  $t$  est nulle.

1pt

Ceci amène

$$m.\ddot{x} + k.x = 0$$

2pts

28) *Barème 3pts*

Solution :  $x = A.\cos\sqrt{\frac{k}{m}}.t + B.\sin\sqrt{\frac{k}{m}}.t$

1pt

Ou  $x = X_{Max}.\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}.t + \varphi\right)$  *accepter*  $x = X_{Max}.\cos(\omega.t + \varphi)$  si  $\omega$  est bien défini.

Les conditions imposées à  $t = 0$  amènent

$$A = x_0 \text{ et } B\sqrt{\frac{k}{m}} = \dot{x}_0 \quad \text{d'où} \quad x = x_0.\cos\sqrt{\frac{k}{m}}.t + \dot{x}_0.\sqrt{\frac{m}{k}}.\sin\sqrt{\frac{k}{m}}.t$$

2pts

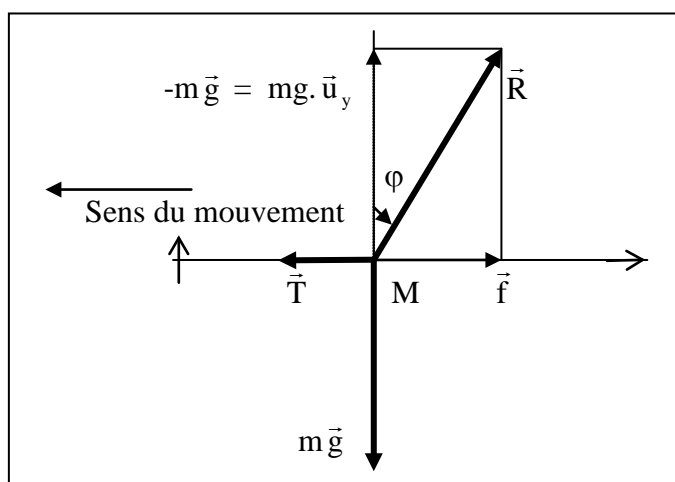
1pt pour A et 1pt pour B

Ou  $X_{Max} = \sqrt{(x_0)^2 + \left(\frac{\dot{x}_0}{\omega}\right)^2}$  et  $\varphi = \arctan\left(-\frac{\dot{x}_0}{x_0.\omega}\right)$  c'est-à-dire

$$x = \sqrt{(x_0)^2 + \left(\frac{\dot{x}_0}{\omega}\right)^2}.\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}.t + \arctan\left(-\frac{\dot{x}_0}{x_0.\omega}\right)\right)$$

Ou 1 pt pour  $X_{Max}$  et 1 pt pour  $\varphi$ 29) *Barème 3pts*

Il n'y a pas de mouvement selon la verticale, donc la composante de la réaction selon la verticale compense le poids. La composante de la réaction sur l'horizontale représente la Force de frottement



2pts

(Un résultat algébrique n'est pas exigé)

$$\tan \varphi = \frac{f}{mg}$$

1pt

C'est d'ailleurs le coefficient de frottement de M sur le support.



30) *Barème 4pts*

M démarre si le module de la tension du ressort est supérieur à  $f$ .

$$|k \cdot x_0| > f \text{ donc } x_0 > \frac{f}{k} \text{ si } x_0 > 0 \text{ et } x_0 < -\frac{f}{k} \text{ si } x_0 < 0.$$

Donc l'équilibre final aura lieu dès que M s'arrêtera pour la première fois dans la zone telle que :

$$-\frac{f}{k} \leq x \leq \frac{f}{k} \text{ donc } \boxed{-\frac{f}{k} \leq x_{\text{eq}} \leq \frac{f}{k}} \text{ ou } \boxed{|x_{\text{eq}}| \leq \frac{f}{k}} \quad \text{4pts}$$

31) *Barème 4pts*

Le système étudié est M.

Le référentiel d'étude est galiléen

Les forces exercées sur M sont : le poids  $m\vec{g}$ , la tension du ressort  $\vec{T} = -k \cdot x \cdot \vec{u}_x$  et la réaction  $\vec{R}$  du support dont la composante horizontale (ou force de frottement), est toujours opposée au mouvement et a donc un signe opposé à celui de la vitesse. En posant  $\varepsilon = +1$  si

$$\frac{dx}{dt} > 0 \text{ et } \varepsilon = -1 \text{ si } \frac{dx}{dt} < 0, \text{ il vient } \boxed{\vec{f} = -\varepsilon \cdot f \cdot \vec{u}_x} \quad \text{2pts}$$

La relation fondamentale de la dynamique s'écrit :  $m \frac{d^2x}{dt^2} = -k \cdot x - \varepsilon \cdot f$

D'où l'équation différentielle :

$$\boxed{\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} \cdot x = -\varepsilon \frac{f}{m}} \quad \text{2pts}$$

32) *Barème 4pts*

Si  $x_0 \gg \frac{f}{k}$ , M démarre et comme  $x_0 > 0$ , la vitesse devient négative, alors  $\varepsilon = -1$ .

L'équation différentielle est alors

$$\boxed{\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = \frac{f}{m}} \quad \text{1pt}$$

$$\text{Solution : } x = A \cdot \cos \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + B \cdot \sin \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + \frac{f}{k}$$

$$\text{A } t = 0, x = x_0 \Rightarrow A = x_0 - \frac{f}{k} \text{ et } \dot{x} = 0 \Rightarrow B = 0$$

D'où

$$\boxed{x = \left(x_0 - \frac{f}{k}\right) \cdot \cos \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + \frac{f}{k}} \quad \text{1pt}$$

$$\text{Et ceci tant que } \dot{x} < 0, \text{ c'est-à-dire, comme } \dot{x} = -\left(x_0 - \frac{f}{k}\right) \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sin \left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right)$$

tant que  $\sin \left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) > 0$  donc pour  $0 < \sqrt{\frac{k}{m}} t < \pi$  donc la première étape  $x_0$  à  $x_1$  dure de

$$0 < t < \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\boxed{\text{La durée de la première étape est } \pi \sqrt{\frac{m}{k}}} \quad \text{1pt}$$

$$\boxed{x_1 = -x_0 + 2 \frac{f}{k} \text{ ou } -\left(x_0 - 2 \frac{f}{k}\right)} \quad \text{1pt}$$

33) *Barème 2pts*

La pseudo période  $T$  est le temps mis par  $M$  pour aller de  $x_0$  à  $x_1 < 0$  puis à  $x_2$  où  $M$  s'arrête à nouveau, soit 2 fois la durée calculée précédemment

(qui est indépendante de  $x_0$ ).

$$\text{Donc } T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

2pts

34) *Barème 4pts*

Le travail de  $\vec{f}$  est :  $W_{\vec{f}} = \int_{x_1}^{x_2} \vec{f} \cdot d\vec{OM}$  or, de  $x_1$  à  $x_2$   $\dot{x} > 0$  donc  $\varepsilon = +1$  et  $\vec{f} = -f \cdot \vec{u}_x$  et

$d\vec{OM} = dx \cdot \vec{u}_x$  donc

$$W_{\vec{f}} = \int_{x_1}^{x_2} -f \cdot dx = f \cdot (x_1 - x_2)$$

2pts

Appliquons le théorème de l'énergie mécanique (variante du théorème de l'énergie cinétique) : la variation de l'énergie mécanique d'un système entre deux instants est égale à la somme des travaux des forces non conservatives (ici  $\vec{f}$ ) appliquées au système entre ces instants.

$$\Delta E_c = 0 \text{ et } \Delta E_p = \frac{1}{2}k \cdot x_2^2 - \frac{1}{2}k \cdot x_1^2 = \frac{1}{2}k \cdot (x_2 - x_1)(x_2 + x_1)$$

il vient alors  $x_1 + x_2 = -2\frac{f}{k}$  C'est-à-dire

$$x_2 = x_0 - 4\frac{f}{k}$$

2pts

35) *Barème 4pts*

Les abscisses des maxima décroissent de  $4\frac{f}{k}$  par pseudo période,

L'amplitude du mouvement décroît donc linéairement avec  $t$

2pts

Le lieu des maxima est donc une droite de coefficient directeur  $-4\frac{f}{k \cdot T}$  passant par  $x_0$  à

$t = 0$ , son équation est

$$x_{\text{Max}} = -\frac{4f}{k \cdot T}t + x_0$$

2pts

Ou comme  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$$x_{\text{Max}} = -\frac{2f}{\pi\sqrt{k \cdot m}}t + x_0$$

## Thermodynamique.

Barème 38 pts (total 200pts)

36) 2 pts	45) 3 pts
37) 1 pt	46) 1 pts
38) 3 pts	47) 2 pts
39) 3 pts	48) 2 pts
40) 1 pt	49) 3 pts
41) 2 pts	50) 1 pt
42) 3 pts	51) 2 pts
43) 1 pt	52) 3 pts
44) 2 pts	53) 3 pts

### Cycle moteur théorique et peu performant

36) *Barème 2pts*

$$C_p = n.C_{pm} = n.R. \frac{\gamma}{\gamma - 1} \quad 0.5pt$$

or  $P_0.V_A = n.R.T_0$  donc  $n.R = \frac{P_0.V_A}{T_0}$  donc

$$C_p = \frac{P_0.V_A}{T_0} \cdot \frac{\gamma}{\gamma - 1} \quad 0.5pt$$

et de même

$$C_v = n.C_{vm} = n. \frac{R}{\gamma - 1} \quad 0.5pt$$

$$C_v = \frac{P_0.V_A}{T_0 \cdot (\gamma - 1)} \quad 0.5pt$$

37) *Barème 1pt*

De l'état 0 à l'état 1, le gaz subit une transformation (échauffement) isochore. *1pt*

38) *Barème 3pts*

Le piston vient juste de décoller de la cale. L'équilibre des forces exercées sur le piston

amène à :

$$P_1 = P_0 + \frac{m.g}{S} \quad 1pt$$

A.N :  $P_1 = 1.1 \text{ bar}$  *0.5pt*

et comme le volume est resté constant :  $\frac{P}{T} = \text{constante}$  donc  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_0}{T_0}$  donc

$$T_1 = T_0 \cdot \frac{P_1}{P_0} \quad 1pt$$

A.N :  $T_1 = 330 \text{ K}$  *0.5pt*

39) *Barème 3pts*

Au cours d'une transformation isochore (volume  $V_A$ ), la quantité de chaleur reçue par le gaz parfait est égale à la variation de son énergie interne.  $Q_{v0}^1 = \Delta U_0^1$  et ceci dit

$$\Delta U_0^1 = \int_{T_0}^{T_1} C_v \cdot dT \quad \text{et comme } C_v \text{ indépendant de la température,}$$

ou comme  $C_v = \frac{P_0 \cdot V_A}{T_0 \cdot (\gamma - 1)}$  il vient :

$$Q_{v0}^1 = \Delta U_0^1 = C_v \cdot (T_1 - T_0) \quad \text{2pts}$$

$$Q_{v0}^1 = \frac{P_0 \cdot V_A}{T_0 \cdot (\gamma - 1)} (T_1 - T_0) \quad \text{0.5pt}$$

AN  $Q_{v0}^1 = 8.3 \text{ J.}$  0.5pt

40) *Barème 1pt*

De l'état 1 à l'état 2, le gaz subit une transformation (échauffement) isobare. (équilibre des forces exercées sur le piston) :  $P_2 = P_1$  1pt

41) *Barème 2pts*

Il en découle que  $\frac{V}{T} = \text{constante}$  donc  $\frac{V_A}{T_1} = \frac{V_B}{T_2}$  donc

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{V_B}{V_A} \quad \text{1.5pt}$$

AN :  $T_2 = 1000\text{K}$  0.5pt

42) *Barème 3pts*

Au cours d'une transformation isobare, la quantité de chaleur reçue par le gaz parfait est égale à variation de son enthalpie.

$$Q_{p1}^2 = \Delta H_1^2 \quad \text{et} \quad \Delta H_1^2 = \int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot dT \quad \text{et comme } C_p \text{ indépendant de la température :}$$

$$Q_{p1}^2 = C_p \cdot (T_2 - T_1) \quad \text{2pts}$$

Et avec  $C_p = \frac{P_0 \cdot V_A}{T_0} \cdot \frac{\gamma}{\gamma - 1}$  il vient

$$Q_{p1}^2 = \frac{P_0 \cdot V_A \cdot \gamma}{T_0 \cdot (\gamma - 1)} (T_2 - T_1) \quad \text{0.5pt}$$

AN :  $Q_{p1}^2 = 258 \text{ J}$  0.5pt

43) *Barème 1pt*

De l'état 2 à l'état 3, le gaz subit une transformation (refroidissement) isochore (volume  $V_B$ ). De l'état 3 à l'état 0 le gaz subit une transformation (refroidissement) isobare (pression  $P_0$ ). 1pt

44) *Barème 2pts*

Le travail total fourni par ce moteur au cours d'un cycle consiste à avoir élevé la masse

m sur une hauteur  $\frac{V_B - V_A}{S}$

$$W = -m \cdot g \cdot \frac{V_B - V_A}{S} \quad \text{1.5pt}$$

AN  $W = -6.7 \text{ J}$  0.5pt

45) *Barème 3pts*

Le rendement de ce moteur est :

$$\eta = \frac{-W}{Q_0^1 + Q_1^2}$$

*2.5pts*

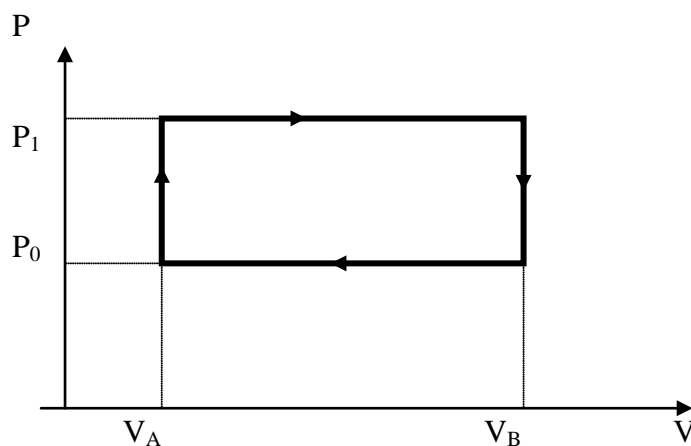
AN :  $\eta \approx 2.5 \cdot 10^{-2}$  soit :

$$\eta \approx 2.5 \%$$

*0.5pt*

46) *Barème 1pt*

Les transformations subies par le gaz étant des isochores et des isobares, le diagramme de Clapeyron a l'allure suivante.



*1pt*

47) *Barème 2pts*

Le travail échangé par le gaz avec l'extérieur est donné par l'aire du cycle. Ici  $W < 0$  ;

$W = - (P_1 - P_0) \cdot (V_B - V_A)$  c'est-à-dire

$$W = - \frac{m \cdot g}{S} \cdot (V_B - V_A)$$

*2pts*

48) *Barème 2pts*

Le rendement d'un moteur fonctionnant selon un cycle de Carnot entre les mêmes

températures extrêmes serait :

$$\eta = 1 - \frac{T_0}{T_2}$$

*1.5pt*

AN :  $\eta = 0.7$  soit  $\eta = 70 \%$

*0.5pt*

**Pompe à vide**49) *Barème 3pts*

Lorsque le piston descend, la pression augmente dans le cylindre et devient supérieure à  $P_0$ . La soupape  $S_2$  se ferme et la soupape  $S_1$  s'ouvre, laissant échapper l'air contenu dans le cylindre. Le volume de gaz enfermé (dans R) quand le piston arrive en A se limite alors à  $V_0$  sous la pression  $P_0$ . Lorsque le piston remonte la pression baisse dans le cylindre et devient inférieure à  $P_0$ , la soupape  $S_1$  se ferme et la soupape  $S_2$  s'ouvre. Lorsque le piston arrive en B, le volume de gaz enfermé est  $V_0 + V_B$  sous la pression  $P_1$ .

*2pts*

Donc, le système fermé étudié est : le gaz enfermé dans le réservoir R quand le piston est en A (volume  $V_0$ , pression  $P_0$ ) qui est ensuite enfermé dans le réservoir + le cylindre quand le piston remonte en B (volume  $V_0 + V_B$ , pression  $P_1$ ).

Les différentes transformations sont isothermes :

$P_0 \cdot V_0 = P_1 \cdot (V_0 + V_B)$ , il vient :

$$P_1 = P_0 \frac{V_0}{V_0 + V_B}$$

*1pt*50) *Barème 1pt*

Lors du deuxième aller-retour, le système fermé est l'air contenu dans le réservoir : volume  $V_0$ , sous la pression  $P_1$ . Il vient alors  $P_1 \cdot V_0 = P_2 \cdot (V_0 + V_B)$  c'est-à-dire

$$P_2 = P_1 \frac{V_0}{V_0 + V_B} \text{ ou encore}$$

$$P_2 = P_0 \left( \frac{V_0}{V_0 + V_B} \right)^2$$

*1pt*51) *Barème 2pts*

La forme générale de la pression après le  $n$ ème aller-retour est :

$$P_n = P_0 \left( \frac{V_0}{V_0 + V_B} \right)^n$$

$P_n$  tend vers 0 quand  $n$  tend vers l'infini.

*2pts*52) *Barème 3pts*

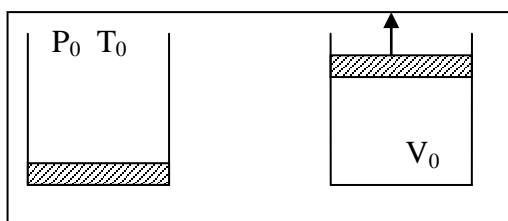
Si l'on considère que  $V_A$  n'est pas nul, il arrive un moment où la pression  $P_A$  ne peut plus dépasser  $P_0$  et ne permet plus l'ouverture de la soupape  $S_1$ , donc ne permet plus d'extraire d'air du cylindre. Et la pression  $P_B = P_{\text{limite}}$  ne permet plus l'ouverture de la soupape  $S_2$ . On a atteint la limite des possibilités de cette pompe. Alors avec comme système fermé le

gaz qui reste dans le cylindre :  $P_{\text{limite}} \cdot V_B = P_0 \cdot V_A$  donc  $P_{\text{limite}} = P_0 \cdot \frac{V_A}{V_B}$   $V_A$  est appelé

volume nuisible car c'est lui qui, en théorie limite les possibilités de cette pompe. *3pts*

53) *Barème 3pts*

Le travail minimum nécessaire pour faire le vide parfait dans un récipient de volume  $V_0$  est le même que celui qui consiste à effectuer la manoeuvre suivante :



Le travail est alors

$$W = P_0 \cdot V_0$$

*3pts*

# Chimie.

Barème sur 68 pts (total 200 pts)

54) 1 pt	66) 2 pts
55) 2 pts	67) 4 pts
56) 2 pts	68) 2 pts
57) 1 pt	69) 4 pts
58) 1 pt	70) 4 pts
59) 4 pts	71) 4 pts
60) 2 pts	72) 4 pts
61) 4 pts	73) 4 pts
62) 1 pt	74) 4 pts
63) 2 pts	75) 3 pts
64) 2 pt	76) 4 pts
65) 3 pts	77) 4 pts

## Atome de chlore, molécule de dichlore

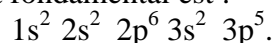
54) *Barème 1pt*

Le numéro atomique représente le nombre de protons dans le noyau de l'élément. (C'est aussi le nombre d'électrons de l'atome de chlore non ionisé).

*1pt*

55) *Barème 2pts*

La configuration électronique du chlore dans son état fondamental est :



*1pt*

Le chlore se situe dans la septième colonne de la classification périodique.

*0.5pt*

Les éléments de cette colonne sont les halogènes

*0.5pt*

56) *Barème 2pts*

Schéma de Lewis de la molécule de dichlore :  $\overline{\text{Cl}} - \overline{\text{Cl}}$ . no = 0

*1pt*

Schéma de Lewis de la molécule de chlorure d'hydrogène :  $\text{H} - \overline{\text{Cl}}$ . no = -1

*1pt*

57) *Barème 1pt*

Les nucléons sont les constituants du noyau : protons et neutron.

*1pt*

58) *Barème 1pt*

Deux isotopes d'un même élément ont le même numéro atomique Z, mais pas le même nombre A de nucléons donc pas le même nombre N de neutrons.

*1pt*

59) *Barème 4pts*

Soient x et y les pourcentages molaires des deux isotopes 35 et 37 du chlore.

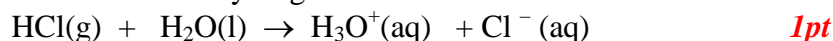
$M_{\text{Cl}} = 35.x + 37.y$  donc  $35x + 37y = 35.5$  et  $x + y = 1$  ce qui donne

$$\boxed{x = 75 \% \quad y = 25 \%}$$

*4pts*

**Chlorure d'hydrogène.**60) *Barème 2pts*

La réaction de dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau s'écrit :



Acide chlorhydrique 1pt

61) *Barème 4pts*

Le nombre de mol de chlorure d'hydrogène contenu dans 500 L de gaz considéré comme

gaz parfait est :  $n = \frac{P.V}{R.T}$  donc  $n = 20.9 \text{ mol}$  1pt

dont la masse est  $m = n.M_{(\text{HCl})}$ .

C'est-à-dire  $m = \frac{P.V}{R.T} . M_{(\text{HCl})}$  soit avec  $M_{(\text{HCl})} = 36.5 \text{ g.mol}^{-1}$ , on obtient  $m \approx 762 \text{ g}$ .

Ce qui correspond, en ajoutant la masse de l'eau, à savoir 1 kg, à une masse d'acide chlorhydrique d'environ  $m' = 1762 \text{ g}$  1pt

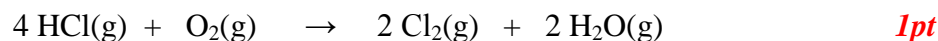
Dont la masse volumique est  $\mu = 1,20 \text{ kg dm}^{-3}$ .

Donc un volume d'acide chlorhydrique de  $V' = \frac{m'}{\mu}$  c'est-à-dire  $V' = 1,47 \text{ L}$ . 1pt

On en déduit la concentration molaire de cet acide:  $C = \frac{n}{V'}$  ou  $C \approx 14,2 \text{ mol.L}^{-1}$  1pt

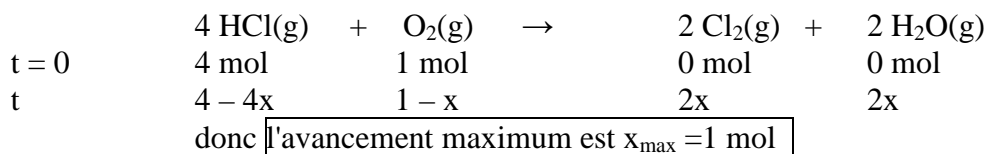
62) *Barème 1pt*

Equation bilan

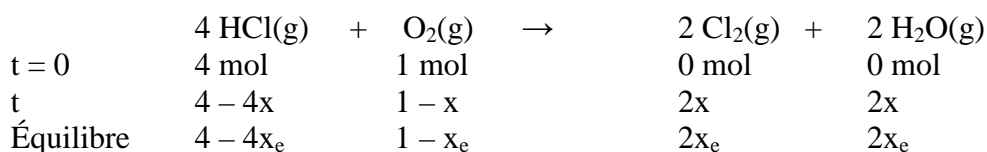
63) *Barème 2pts*

Les réactifs sont pris en quantité stoechiométrique, c'est-à-dire ici, quatre moles d'HCl et une mole de O<sub>2</sub>.

Le tableau d'avancement est :

64) *Barème 2pts*

A l'équilibre 75 % de l'HCl a disparu. Le tableau d'avancement devient donc :



Donc  $4 - 4x_e = (1 - 0.75) * 4$  donc  $x_e = 0.75 \text{ mol}$  2pts



65) *Barème 3pts*

Les gaz étant supposés parfaits, ils vérifient l'équation d'état :  $P.V = n.R.T$  et les pressions partielles de chaque gaz vérifient donc  $P_i = n_i \frac{R.T}{V}$

avec  $n_{\text{total}} = (4-4x_e) + (1-x_e) + 2x_e + 2x_e$  : soit  $n_{\text{total}} = 4.25 \text{ mol}$  et

$$P_i = \frac{n_i}{n_{\text{total}}} P_0$$

*1pt*

C'est-à-dire : pour HCl :  $P_{\text{HCl}} = \frac{4-4 \times 0.75}{4.25} .1$  etc..

$$P_{\text{HCl}} = 0.24 \text{ bar} \quad P_{\text{O}_2} = 0.06 \text{ bar} \quad P_{\text{Cl}_2} = 0.35 \text{ bar} \quad P_{\text{H}_2\text{O}} = 0.35 \text{ bar}$$

*2pts  
(4\*0.5pt)*66) *Barème 2pts*

La constante de cet équilibre s'écrit, en fonction des pressions partielles de tous ces gaz :

$$K_p^0 = \frac{\left(\frac{P_{\text{Cl}_2}}{P^0}\right)^2 \left(\frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P^0}\right)^2}{\left(\frac{P_{\text{HCl}}}{P^0}\right)^4 \left(\frac{P_{\text{O}_2}}{P^0}\right)} \text{ avec } P^0=1 \text{ bar et les } P_i \text{ en bar}$$

Ou les deux dans les mêmes unités avec  $P^0$  correspondant à 1 bar

Ou plus simplement, en omettant les  $P^0$ , avec les  $P_i$  en bar

$$K_p^0 = \frac{(P_{\text{Cl}_2})^2 (P_{\text{H}_2\text{O}})^2}{(P_{\text{HCl}})^4 (P_{\text{O}_2})}$$

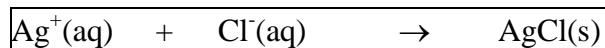
*1,5 pt*

Ce qui amène à :  $K_p^0 \approx 86$  *0.5 pt*

Remarque, selon les approximations de calcul faites précédemment, on acceptera les résultats entre 70 et 90. (Sans unité)

**Dosage des ions chlorures par précipitation.**67) *Barème 4pts*

La réaction de précipitation est la suivante :

*1pt*

$$K_{\text{SI}}^0 = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] \text{ en présence du solide AgCl}(\text{s})$$

*1pt*

La précipitation du chlorure d'argent débute dès que le produit ionique (ou le quotient réactionnel !)  $P_i = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$  atteint la valeur de  $K_{\text{SI}}^0$ . Quand une goutte de solution de nitrate d'argent a été versée, la concentration en ions  $\text{Ag}^+$  « initiale, c'est-à-dire avant

réaction » vérifie :  $[\text{Ag}^+]_i = \frac{C_2 \cdot V_{\text{goutte}}}{V_1}$  c'est-à-dire :  $[\text{Ag}^+]_i = 4.10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ . La

concentration en ions  $\text{Cl}^-$  reste égale à la concentration initiale  $C_1$ . La valeur du produit ionique est alors :

$$P_i = 4.10^{-7} > K_{\text{SI}}^0, \text{ il y a donc formation du précipité dès la première goutte}$$

*2pts*

68) *Barème 2pts*

Les coefficients (nombres) stoechiométriques étant tous les deux égaux à 1, à l'équivalence, il a été versé autant d'ions  $\text{Ag}^+$  qu'il y avait initialement d'ions  $\text{Cl}^-$  dans le bécher. Ce qui équivaut à la relation :  $C_2 \cdot V_{2e} = C_1 \cdot V_1$ .

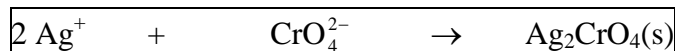
Qui amène à :

$$V_{2e} = 12.5 \text{ mL}$$

2pts

69) *Barème 4pts*

La réaction de précipitation de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$  s'écrit :



0.5pt

Le produit de solubilité de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  est :

$$K_{S2}^0 = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}], \text{ en présence de } \text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$$

0.5pt

Lorsque l'on verse les ions  $\text{Ag}^+$  dans le bécher, le précipité de  $\text{AgCl}(\text{s})$  apparaît dès que la

concentration en  $\text{Ag}^+$  est égale à :  $[\text{Ag}^+] = \frac{K_{S1}^0}{[\text{Cl}^-]}$

0.5pt

c'est-à-dire, en négligeant, si l'on veut, la très faible dilution due aux 2 mL,

pour  $\text{Ag}^+$  :  $[\text{Ag}^+] \approx 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$ .

0.5pt

La concentration initiale en  $\text{CrO}_4^{2-}$  est :

$$[\text{CrO}_4^{2-}]_i = \frac{C_3 \cdot V_3}{V_1 + V_3} \text{ donc : } [\text{CrO}_4^{2-}]_i \approx 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

0.5pt

Ne pas sanctionner l'oubli de  $V_3$  dans le calcul précédent

Le produit de solubilité de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  est :  $K_{S2}^0 = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}]$ , le précipité de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$

apparaît dès que la concentration en  $\text{Ag}^+$  est égale à :  $[\text{Ag}^+] = \sqrt{\frac{K_{S2}^0}{[\text{CrO}_4^{2-}]_i}}$ ,

C'est-à-dire pour :  $[\text{Ag}^+] \approx 9 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$

0.5pt

$$9 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} > 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$$

Donc le précipité de chlorure d'argent apparaît le premier.

1pt

70) *Barème 4pts*

Quand le précipité de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  apparaît, le volume dans le bécher étant très voisin de celui à l'équivalence, la concentration en  $\text{CrO}_4^{2-}$  est alors, du fait de la dilution:

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = \frac{C_3 \cdot V_3}{V_1 + V_{2e} + V_3} \approx 1.75 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1},$$

1pt

Alors comme  $[\text{Ag}^+] = \sqrt{\frac{K_{S2}^0}{[\text{CrO}_4^{2-}]_i}}$ ,  $[\text{Ag}^+] \approx 9.5 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ ,

1pt

Mais on a toujours la relation :  $[\text{Cl}^-] = \frac{K_{S1}^0}{[\text{Ag}^+]}$  donc, quand le précipité de couleur rouge

apparaît,  $[\text{Cl}^-] \approx 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ .

2pts

On peut considérer qu'alors, le titrage est terminé (En admettant que le changement de couleur soit rapidement perceptible).

71) *Barème 4pts*

Si le titrage est maintenant effectué par conductimétrie, on mesure la conductance d'une « tranche » de solution comprise entre les deux plaques de la cellule de conductimétrie. Cette conductance étant proportionnelle à la conductivité de la solution, on peut, par un étalonnage correct mesurer la conductivité de la solution. *2pts*

Cette conductivité est proportionnelle aux concentrations des différents ions présents dans la solution. Mais, du fait de la dilution, la courbe représentant la conductivité de la solution en fonction du volume de nitrate d'argent versé est une branche d'hyperbole. Pour obtenir une droite, on peut rendre l'effet de dilution négligeable en plaçant un volume  $V_1$  dans le Becher très supérieur au volume  $V_2$  qui tombera de la burette. *1pt*

Un autre moyen est de calculer, pour chaque mesure, la conductivité qu'aurait la solution si le volume dans le bécher n'avait pas changé. C'est la conductivité corrigée :

$$\sigma_{\text{Cor}} = \sigma \cdot \frac{V_1 + V_2}{V_1}$$

*1pt*72) *Barème 4pts*

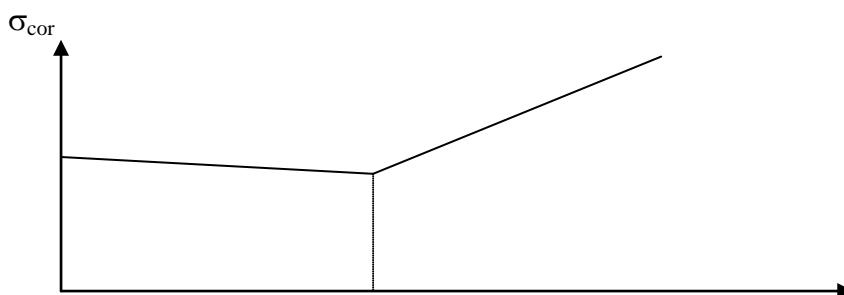
La conductivité de la solution en  $\text{S.m}^{-1}$  est donnée par la relation :  $\sigma = \sum_i C_i \cdot \lambda_i$  avec  $C_i$  : concentration de l'ion  $i$  en  $\text{mol.m}^{-3}$  et  $\lambda_i$  conductivité molaire de l'ion  $i$  en  $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ . *1pt*

La réaction de précipitation s'écrit, en tenant compte de la présence de tous les ions :



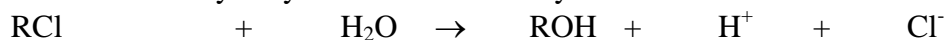
ce qui revient, avant l'équivalence, à remplacer dans la solution, des ions  $\text{Cl}^-$  par des ions  $\text{NO}_3^-$  de conductivité molaire très légèrement inférieure. *2pts*

Une fois l'équivalence atteinte, les ions  $\text{Ag}^+$  et  $\text{NO}_3^-$  versés augmentent la conductivité de la solution. La courbe de titrage (conductivité corrigée en fonction du volume  $V_2$  de solution de nitrate d'argent versée) est dans ce cas constituée d'un segment de droite de pente très légèrement négative avant l'équivalence et d'un segment de droite de pente largement positive après l'équivalence. *1pt*



**Cinétique suivie par dosage de HCl.**73) *Barème 4pts*

La réaction d'hydrolyse du chlorure d'alkyle noté RCl s'écrit :



Donc au fur et à mesure que l'hydrolyse s'effectue, il apparaît dans la solution des ions  $\text{H}^+$  (ou  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) qui réagissent avec les ions  $\text{HO}^-$  (ou  $\text{OH}^-$ ) de la soude versée préalablement dans le bécher selon l'équation bilan :  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$  jusqu'au moment où l'équivalence est dépassée. La solution passe alors de basique (couleur bleue) à acide (couleur jaune). Lorsque l'on verse à nouveau la soude, la solution redevient basique (couleur bleue) et le phénomène recommence. Les instants  $t_i$  sont séparés par des intervalles de temps pendant lesquels il s'est formé  $n = 5 \cdot 10^{-4}$  mol d'ions  $\text{H}^+$ .

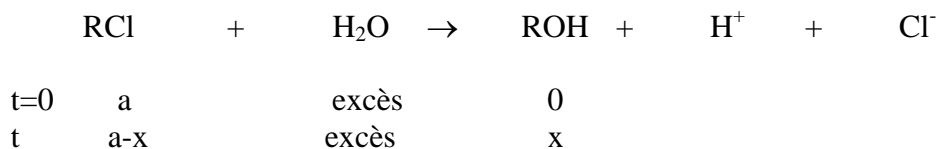
*4pts*74) *Barème 4pts*

Puisque la cinétique est d'ordre un vis-à-vis de RCl, la loi de vitesse vérifie :

$$v = -\frac{d[\text{RCl}]}{dt} \text{ et } v = k \cdot [\text{RCl}]^1$$

*2pts*

On arrive donc à l'équation différentielle :  $\frac{d[\text{RCl}]}{dt} + k \cdot [\text{RCl}] = 0$ . En tenant compte de la concentration initiale « a » en chlorure d'alkyle, le tableau « d'avancement » ( en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )



$$[\text{RCl}] = a - x \text{ et}$$

$$\frac{d(a-x)}{dt} + k(a-x) = 0$$

*1pt*

$$\text{donc } a-x = a \exp(-k \cdot t)$$

il vient :

$$x = a \cdot (1 - \exp(-k \cdot t))$$

*1pt*75) *Barème 3pts*

Pour obtenir une droite de pente +k, il faut tracer :  $\ln\left(\frac{a}{[\text{RCl}]}\right)$  c'est-à-dire

$$f(x) = \ln\left(\frac{a}{a-x}\right) \text{ en fonction du temps.}$$

*3pts*

76) *Barème 4pts*

Entre deux  $t_i$  successifs, il s'est formé  $n$  mol d'ions  $H^+$  c'est-à-dire que  $x$  a crû de

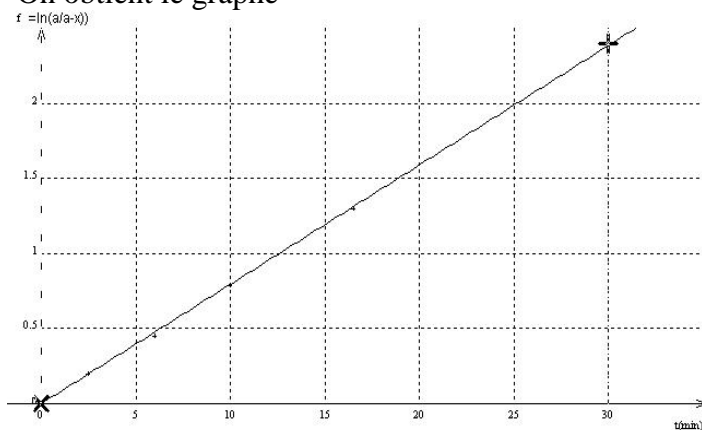
$$\Delta x = \frac{n}{V_0} \text{ avec } n = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol. Donc } \Delta x = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

D'où  $x_0 = 0 \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $x_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  etc.. d'où le tableau.

$t_i$ en min	$t_0 = 0$ min	$t_1 = 2.5$ min	$t_2 = 6$ min	$t_3 = 10$ min	$t_4 = 16.5$ min	$t_5 = 30$ min
$x_i$ en $\text{mol.L}^{-1}$	0	$2 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$10^{-2}$
$f(x_i)$	0	0.20	0.45	0.79	1.3	2.4

*4pts*77) *Barème 4pts*

On obtient le graphe

*1pt*

L'alignement des points est bon (coeff. de corrélation 0.9999).

*1pt*

Le coefficient directeur est  $k \approx 8 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$

*2pts*