

Circuit électrique et chimie

Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :

« La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. »

Problème 1 : Le chlorure d'hydrogène (extrait CC INP TSI)

Partie I - Autour de l'élément chlore

I.1- Déterminer la configuration électronique de l'atome de chlore dans son état fondamental. Combien l'atome possède-t-il d'électrons de valence ? Justifier.

I.2- Expliquer quel anion monoatomique le chlore peut former.

I.3- L'élément chlore est présent dans le chlorure d'hydrogène HCl et l'ion hypochlorite ClO⁻.

Proposer un schéma de Lewis pour :

- a- la molécule de chlorure d'hydrogène HCl.
- b- l'ion hypochlorite ClO⁻.

Partie II - La solution commerciale d'acide chlorhydrique

L'acide chlorhydrique est une solution aqueuse obtenue par dissolution de chlorure d'hydrogène HCl_(g) dans l'eau. L'acide chlorhydrique est une solution acide utilisée comme décapant et comme détartrant notamment pour les surfaces émaillées recouvertes de calcaire.

Sur une bouteille d'acide commercial figure l'indication suivante : solution à P = 23 % en chlorure d'hydrogène minimum. Cette indication signifie que 100 g de solution commerciale ont été obtenus par dissolution d'au moins 23 g de chlorure d'hydrogène. P est donc un pourcentage massique en HCl_(g) dissous dans la solution commerciale.

On souhaite vérifier la teneur exacte en chlorure d'hydrogène dissous de cette solution commerciale.

La densité de la solution commerciale est $d = 1,15$.

Détermination de la composition de la solution commerciale à partir de la donnée de l'étiquette.

II.4- Déterminer la masse minimale de chlorure d'hydrogène dissous dans 1L de solution commerciale.

II.5- Le chlorure d'hydrogène n'existe pas dans l'eau car, lors de sa dissolution, il se comporte comme un acide fort et réagit totalement avec l'eau pour former cette solution aqueuse, appelée acide chlorhydrique.

- a- Ecrire la réaction chimique mise en jeu entre le chlorure d'hydrogène et l'eau.
- b- Indiquer l'espèce chimique acide présente dans l'acide chlorhydrique.

II.6- En déduire la concentration molaire minimale des espèces chimiques contenues dans cette solution commerciale d'acide chlorhydrique.

Dosage de la solution commerciale par suivi colorimétrique.

La solution commerciale est diluée 500 fois. La concentration molaire de la solution S₀ ainsi préparée est appelée C₀.

Cette solution S₀ est ensuite dosée par colorimétrie. Pour cela, un volume V₀ = 10,0 mL de cette solution est prélevé et dosé par une solution d'hydroxyde de sodium (Na⁺_(aq) + HO⁻_(aq)) étalon fraîchement préparée de concentration molaire C_b = 1,0.10⁻² mol.L⁻¹.

Le changement de couleur de l'indicateur coloré est obtenu pour un volume versé V_{beq} = 16,2 mL. (Deux dosages cohérents ont été effectués).

II.7- Ecrire l'équation de la réaction de dosage et calculer sa constante d'équilibre à 298 K. Justifier le fait que cette réaction puisse être utilisée comme réaction de dosage.

II.8- a- Donner la valeur du pH à l'équivalence du dosage.

b- Parmi les trois indicateurs colorés acido-basiques fournis ci-dessous avec leur zone de virage, indiquer celui qui serait le mieux adapté pour ce dosage.

- Hélianthine : zone de virage pour pH variant de 3,1 à 4,4
- Bleu de bromothymol : zone de virage pour pH variant de 6,0 à 7,6
- Phénolphthaleïne : zone de virage pour pH variant de 8,2 à 10,0

Dosage de la solution commerciale suivi par pH-métrie.

Un dosage colorimétrique étant peu précis, on souhaite améliorer la détermination du volume équivalent en effectuant un dosage suivi par pH-métrie. Un volume V_0 de la solution S_0 de concentration C_0 est placé dans un bécher, dans lequel sont plongées les électrodes reliées à un pH-mètre. Le pH est relevé après introduction, mL par mL, d'une solution de soude étalon.

Dans le document réponse 1, figure la courbe de dosage du dosage de $V_0 = 10,0$ mL de la solution S_0 par de la soude ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire $C_b = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Cette courbe sera à rendre avec la copie.

Pour trouver le point équivalent par une autre méthode que la méthode des tangentes, il est possible d'utiliser la méthode de Gran.

II.9- A l'aide d'un tableau d'avancement, établir, avant l'équivalence, c'est-à-dire pour $V_b < V_{\text{beq}}$, l'expression littérale de la concentration molaire $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en fonction de C_0 , C_b , V_0 , V_b .

II.10- En utilisant la relation à l'équivalence reliant C_0 , V_0 , C_b et V_{beq} , donner l'expression littérale donnant $[\text{H}_3\text{O}^+]$ avant l'équivalence en fonction de C_b , V_0 , V_b , V_{beq} .

II.11- Soit $F(V_b) = 10^{-\text{pH}}(V_0 + V_b)$, grandeur calculée grâce aux mesures expérimentales. $F(V_b)$ peut aussi s'écrire $F(V_b) = [\text{H}_3\text{O}^+](V_0 + V_b)$.

a- Montrer que $F(V_b) = C_b(V_{\text{beq}} - V_b)$.

b- Dédurre de cette expression la forme de la courbe représentant la fonction $F(V_b)$ en fonction de V_b .

c- Expliquer comment le tracé de cette courbe permet d'obtenir le volume équivalent V_{beq} .

II.12- La courbe précédente est tracée sur le document réponse 1 pour des volumes V_b variant de 0 à 14,0 mL.

En déduire V_{beq} avec trois chiffres significatifs.

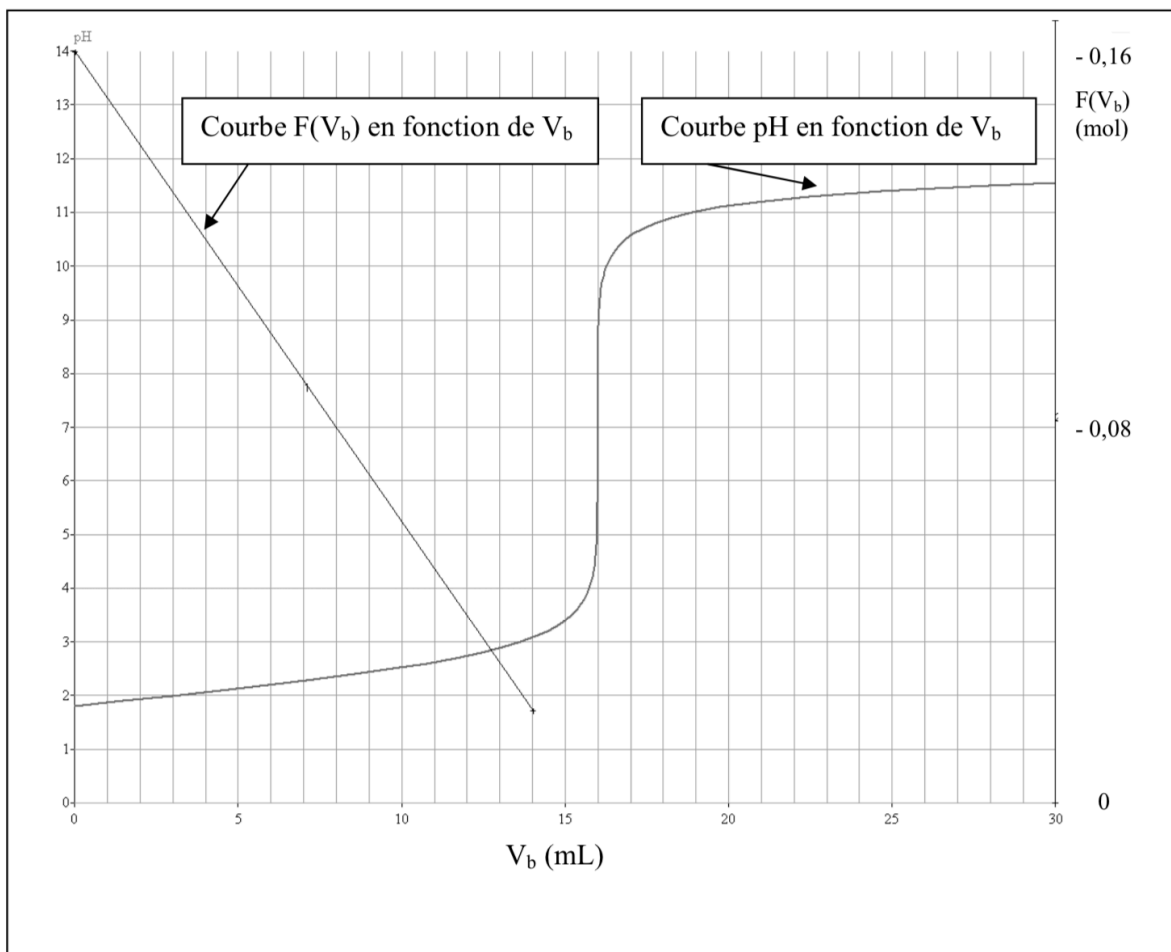
II.13- Déterminer la concentration molaire C_0 en ions hydronium H_3O^+ dans la solution S_0 .

II.14- En déduire la concentration molaire C_{com} de la solution commerciale en tenant compte du facteur de dilution.

II.15- Déterminer la masse de chlorure d'hydrogène dissous dans 1L de la solution commerciale dosée.

II.16- En déduire le pourcentage massique de chlorure d'hydrogène dissous dans la solution commerciale dosée. L'information sur l'étiquette était-elle correcte ?

Dosage de $V_0 = 10,0 \text{ mL}$ de la solution S_0 d'acide chlorhydrique par de l'hydroxyde de sodium
 $(\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})})$ à $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$



Données

Numéros atomiques Z :

Cl : Z = 17 ; H : Z = 1 ; O : Z = 8

Masses molaires atomiques :

$M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$

$M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Potentiels standard d'oxydo-réduction à 298 K :

$E_1^\circ(\text{HClO}_{(\text{aq})}/\text{Cl}_{2(\text{aq})}) = 1,60 \text{ V}$

$E_2^\circ(\text{Cl}_{2(\text{aq})}/\text{Cl}^-_{(\text{aq})}) = 1,39 \text{ V}$

$E_3^\circ(\text{I}_{2(\text{aq})}/\text{I}^-_{(\text{aq})}) = 0,62 \text{ V}$

$E_4^\circ(\text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}) = 0,09 \text{ V}$

$\frac{RT \ln(x)}{F} = 0,06 \log(x) \text{ V}$ où $T = 298 \text{ K}$.

Produit ionique de l'eau à 298 K :

$K_e = 10^{-14}$

Masse volumique de l'eau à 298 K :

$\rho = 1 \text{ g.cm}^{-3}$

$R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Problème 2 : Bobine en régime transitoire

On considère le circuit de la figure 1 . Un générateur de tension continue de fem E alimente un circuit RLC constitué d'un condensateur de capacité $C = 0,10 \mu F$, d'une bobine réelle d'inductance L et de résistance r inconnues, placés en série avec une résistance $R = 350 \Omega$. On attend que le régime permanent soit établi.

1. Préciser lorsque le régime permanent est atteint les valeurs de i , u_L , u_R et u_C .

Une fois le régime permanent atteint, on remplace le générateur par un fil à une date prise comme origine des temps. On étudie donc la décharge du condensateur pour $t > 0$.

2. Établir l'équation différentielle régissant l'évolution de $u_C(t)$ et la mettre sous la forme canonique :

$$\frac{d^2 u_C(t)}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{du_C(t)}{dt} + \omega_0^2 u_C(t) = 0$$

où on exprimera ω_0 et Q , le facteur de qualité du circuit, en fonction des données du problème.

3. Rappeler les relations de continuité à l'intérieur d'une bobine et d'un condensateur. En déduire les valeurs $u_C(0^+)$ et $\left(\frac{du_C(t)}{dt}\right)(0^+)$.

4. Comme le montre le graphe ci-contre, on se trouve en régime pseudo-périodique. Montrez que ceci n'est possible que si la résistance R est inférieure à une valeur maximale R_C que l'on explicitera en fonction de L , r et de C .

5. Montrer que $u_C(t) = E e^{-\mu t} \left[\cos \Omega t + \frac{\mu}{\Omega} \sin \Omega t \right]$, formule dans laquelle on exprimera la pseudo-pulsation Ω et μ en fonction de Q et ω_0 .

6. Dans le tableau ci-dessous, on donne les coordonnées des deux premiers maxima pour ($t \neq 0$) correspondants à S_1 et S_2 sur le graphe . En déduire la valeur expérimentale de la pseudo-période T et de la pseudo-pulsation Ω .

	S_1	S_2
Valeur de la tension	$u_{1\max} = 2,73 \text{ V}$	$u_{2\max} = 0,73 \text{ v}$
Date en ms	0,65	1,29

7. On pose $\delta = \ln \frac{u_{1\max}}{u_{2\max}}$. Montrer que $\delta = \frac{\omega_0 T}{2Q}$. En déduire l'expression de Q en fonction de δ . Calculer Q et ω_0 .

8. À quelle condition peut-on assimiler la pseudo-période à la période propre ? Cette approximation est-elle vérifiée dans le cas étudié ?

9. Trouvez les valeurs numériques de L et r .

