

Chimie acide base, énergie mécanique

Appliquez vous dans la rédaction, justifiez et encadrez vos résultats !!

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- Dédire 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.

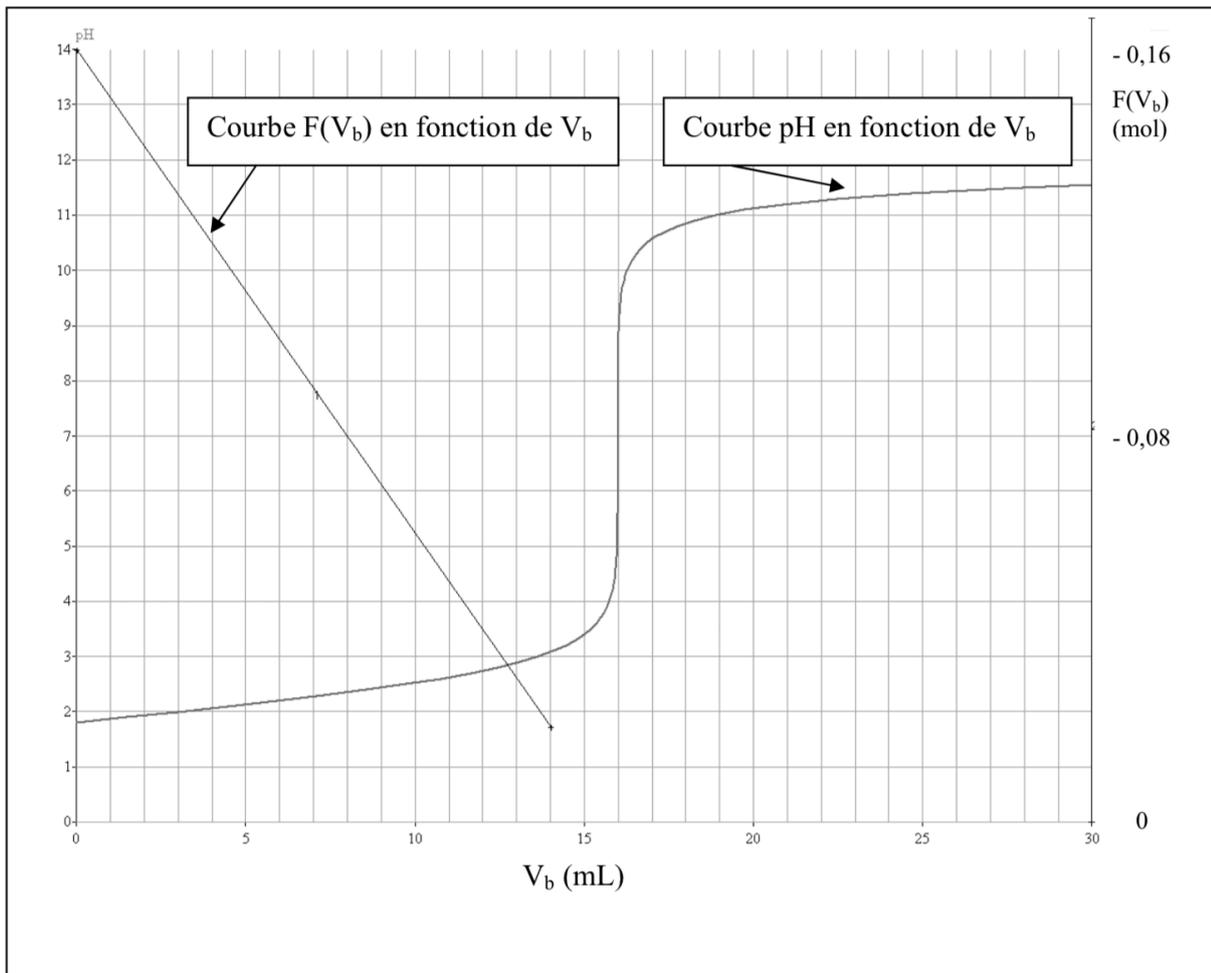
II.13- Déterminer la concentration molaire C_0 en ions hydronium H_3O^+ dans la solution S_0 .

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 $V_0 = 10,0$ mL de la solution S_0 d'acide chlorhydrique par de l'hydroxyde de sodium
 $(\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)})$ 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 :

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

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

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

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

$\frac{RT \ln(x)}{F} = 0,06 \log(x) \text{ V}$ 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 :

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

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

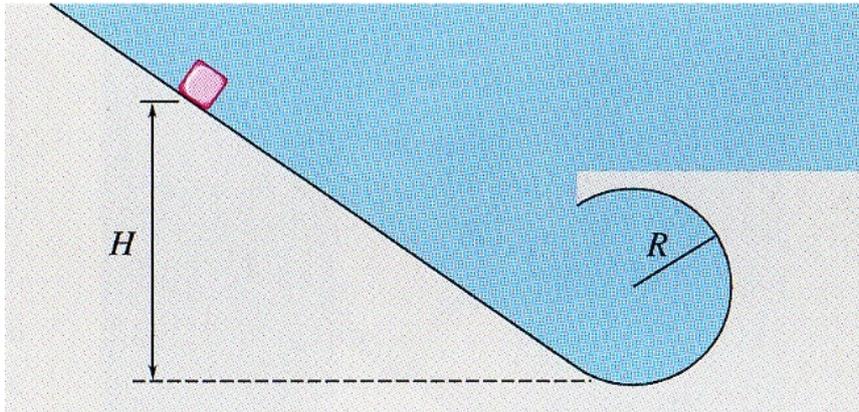
$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Problème (ouvert) 2 : Manège

Un ingénieur chargé de concevoir un manège de parc d'attractions considère une particule de masse m , lâchée d'une hauteur H , qui glisse sur une surface sans frottement se terminant par un cercle de rayon R .

a) Quelle est la valeur minimale de H pour que la particule ne quitte pas le cercle au point le plus haut du cercle ?

b) Si on lâche à une hauteur qui est le double de cette hauteur minimale, quel est le module de la force exercée par la piste sur la particule au point le plus élevé du cercle ?



Problème 3 : Molécule diatomique H-Cl

L'énergie potentielle dont dérive la force de liaison entre deux atomes d'une molécule diatomique peut-être exprimée de la façon suivante :

$$E_p(x) = \frac{a}{x^{12}} - \frac{b}{x^6},$$

où a et b sont **des constantes positives** et x la distance entre les deux atomes. On peut considérer que le premier atome plus lourd (par exemple Cl) est fixe en 0 et un deuxième atome plus léger par exemple H , pris comme système, est mobile le long de l'axe x dans la partie $x > 0$. H est donc soumis à la force dérivant de l'énergie potentielle précédente.

a) Tracez l'allure de l'énergie potentielle.

b) Trouvez la distance d'équilibre x_e entre les deux atomes. Cet équilibre est-il stable ? Justifiez.

c) Donnez l'expression de la force subie par H .

d) Déterminez l'énergie minimum pour « casser » la molécule c'est-à-dire l'énergie nécessaire pour séparer les atomes de la position d'équilibre x_e à $x = \infty$.