

Éliminer le tartre

(Bac S – Métropole - juin 2017)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie
© <http://b.louchart.free.fr>

1. Détermination de la concentration en acide chlorhydrique d'un détartrant commercial

1.1.

- La quantité de matière de HCl dissous pour $m = 100$ g de solution détartrante est :

$$n_{\text{HCl}} = \frac{m_{\text{HCl}}}{M(\text{HCl})} = \frac{9,0}{36,5} = 0,25 \text{ mol}$$

- Déduisons-en la quantité de matière n'_{HCl} de HCl dissous pour 1L de solution détartrante.

$$\rho_d = 1,04 \times 10^3 \text{ g.L}^{-1} \Rightarrow 1 \text{ L de solution détartrante a une masse } m' = 1,04 \times 10^3 \text{ g}$$

masse de la solution	quantité de matière de HCl dissous
$m = 100 \text{ g}$	$n_{\text{HCl}} = 0,25 \text{ mol}$
$m' = 1,04 \times 10^3 \text{ g}$	$n'_{\text{HCl}} = ?$

$$n'_{\text{HCl}} = \frac{m' \times n_{\text{HCl}}}{m} = \frac{1,04 \times 10^3 \times 0,25}{100} = 2,6 \text{ mol}$$

- Ainsi, la concentration molaire en acide chlorhydrique de la solution commerciale est $c_a = 2,6 \text{ mol.L}^{-1}$

1.2. Les couples mis en jeu sont $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} / \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ et $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} / \text{HO}^-_{(\text{aq})}$

1.3. $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

À l'équivalence, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage.

$$\Rightarrow \frac{n_{\text{HO}^- \text{ ajouté à l'équivalence}}}{1} = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ initial}}}{1}$$

En notant $V_{\text{éq}}$ le volume de solution d'hydroxyde de sodium ajouté à l'équivalence, on obtient :

$$c_b V_{\text{éq}} = c_a V_S$$

$$\Rightarrow V_{\text{éq}} = \frac{c_a V_s}{c_b} = \frac{2,6 \times 10,0}{1,0 \times 10^{-1}} = 2,6 \times 10^2 \text{ mL}$$

Le volume à l'équivalence serait donc supérieur au volume de la burette graduée (25,0 mL).

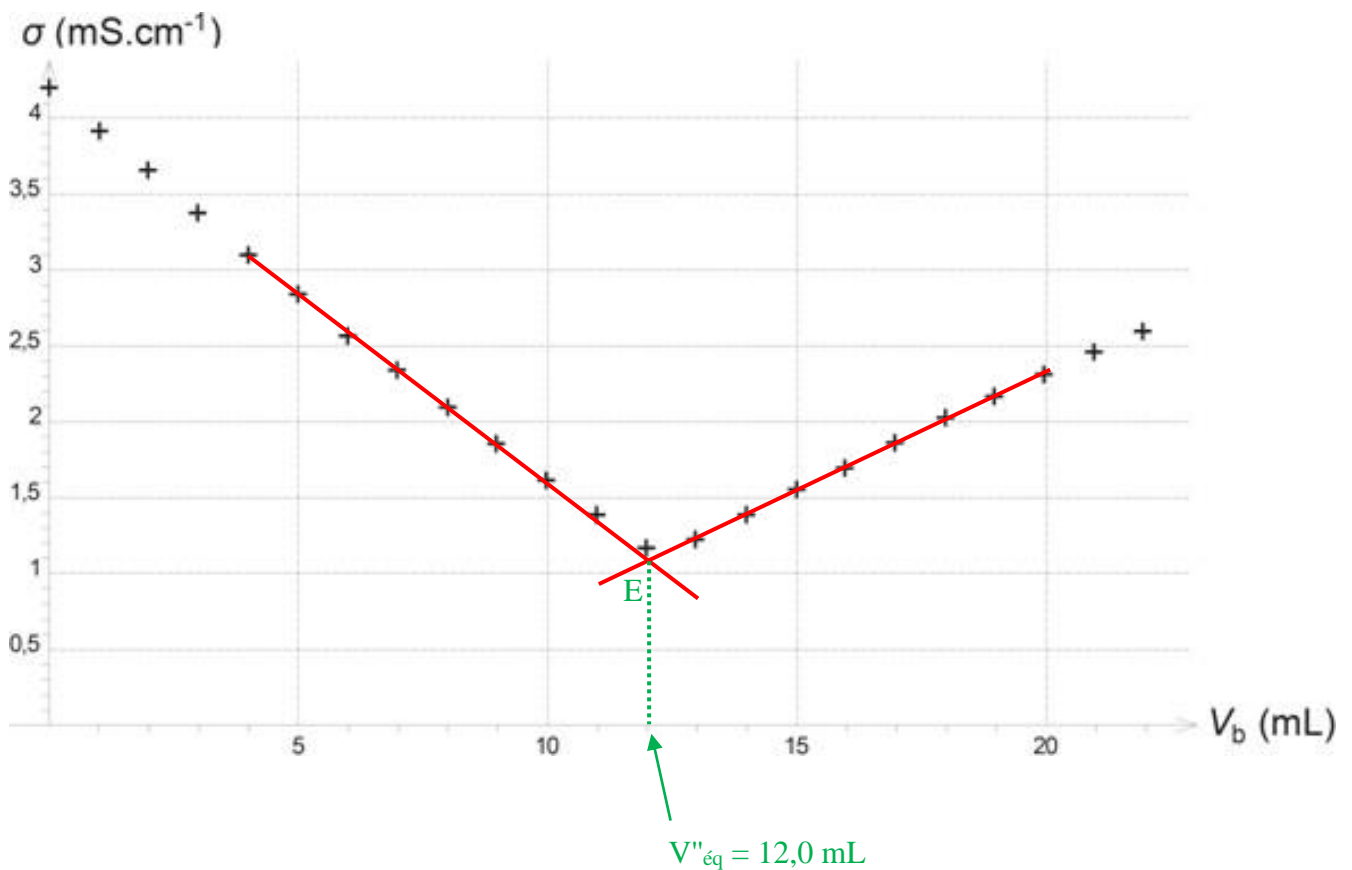
- 1.4. Ils ont dilué 20 fois le détartrant commercial ($c'_a = \frac{c_a}{20} = \frac{2,6}{20} = 0,13 \text{ mol.L}^{-1}$) et ont gardé tous les autres paramètres identiques.

Ainsi, dans ce cas, le volume à l'équivalence attendu est voisin de :

$$V'_{\text{éq}} = \frac{c'_a V_s}{c_b} = \frac{0,13 \times 10,0}{1,0 \times 10^{-1}} = 13 \text{ mL}$$

1.5.

- À l'aide de la courbe $\sigma = f(V_b)$, déterminons le volume équivalent :



On obtient, avec un raisonnement similaire à celui de la question 1.3. , que $c_b V''_{\text{éq}} = c''_a V_s$

$$\Rightarrow c''_a = \frac{c_b \times V''_{\text{éq}}}{V_s} = \frac{1,0 \times 10^{-1} \times 12,0}{10,0} = 0,12 \text{ mol.L}^{-1}$$

Une solution d'acide chlorhydrique étant une solution d'acide fort,

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_s = c''_a = 0,12 \text{ mol.L}^{-1}$$

- La solution S ayant été obtenue en diluant 20 fois la solution commerciale du détartrant, sa concentration est :

$$c_{a,exp} = 20 c_a'' = 20 \times 0,12 = 2,4 \text{ mol.L}^{-1}$$

Calculons l'écart relatif avec l'indication de l'étiquette.

$$e_R = \left| \frac{c_{a,exp} - c_{a,th}}{c_{a,th}} \right| = \left| \frac{2,4 - 2,6}{2,6} \right| = 0,064 = 6,4 \%$$

La valeur obtenue est donc compatible avec l'indication de l'étiquette du détartrant, qui n'est donnée qu'avec un seul chiffre significatif.

2. Utilisation domestique du détartrant commercial

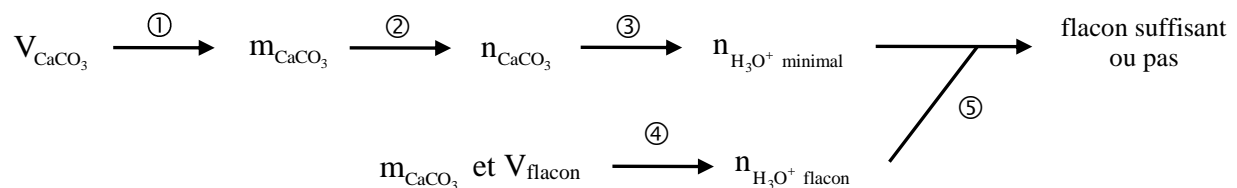
2.1. La surface extérieure totale du tambour est :

$$S_{totale} = 2\pi R^2 + 2\pi R h = 2\pi \times (40 \times 10^{-2})^2 + 2\pi \times 40 \times 10^{-2} \times 40 \times 10^{-2} = 2,0 \text{ m}^2$$

On en déduit le volume de tartre déposé :

$$V = S_{totale} \times e = 2,0 \times 10 \times 10^{-6} = 2,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

2.2. Plan de la résolution du problème :



- ① Commençons par déterminer la masse de tartre déposé :

$$m_{CaCO_3} = \rho V_{CaCO_3} = 2,65 \times 10^6 \times 2,0 \times 10^{-5} = 53 \text{ g}$$

- ② On en déduit la quantité de matière de tartre correspondante :

$$n_{CaCO_3} = \frac{m_{CaCO_3}}{M(CaCO_3)} = \frac{53}{100,1} = 0,53 \text{ g}$$

- ③ $2 \text{ H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{CaCO}_3_{(s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{CO}_2_{(g)} + 3 \text{ H}_2\text{O}_{(l)}$

D'après l'équation-bilan, $\frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ ayant réagi}}}{2} = n_{\text{CaCO}_3 \text{ ayant réagi}}$

$$\Rightarrow n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ ayant réagi}} = 2 n_{\text{CaCO}_3 \text{ ayant réagi}} = 2 \times 0,53 = 1,1 \text{ mol}$$

La transformation est totale, donc pour que tout le CaCO_3 réagisse, il faut une quantité de matière minimale d'ions oxonium : $n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ minimal}} = 1,1 \text{ mol}$

④ Calculons maintenant la quantité d'ions oxonium dans le flacon.

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ flacon}} = [\text{H}_3\text{O}^+] \times V_{\text{flacon}} = 2,4 \times 750 \times 10^{-3} = 1,8 \text{ mol}$$

⑤ Finalement, la quantité d'ions oxonium dans le flacon (1,8 mol) est supérieure à la quantité minimale pour effectuer l'opération (1,1 mol), donc ce flacon est suffisant pour détartre totalement le tambour du lave-linge.