

1 Caractériser une solution

- Le **titre massique** w d'une solution :

$$w = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}} \times 100$$

titre massique (%) masse de soluté (en g) masse de solution (en g)

- La **densité** d d'une solution :

$$d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}}$$

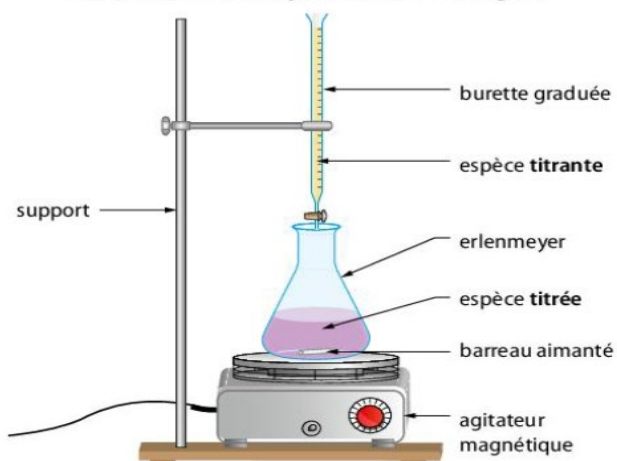
densité (sans unité) masse volumique de la solution (par exemple, en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) masse volumique de l'eau (par exemple, en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

- Pour préparer une solution de concentration en quantité de matière donnée, on procède à une **dilution**.

2 Titrage

- Un **titrage** est une **méthode de dosage** qui consiste à déterminer la quantité de matière (ou la concentration ou la masse) d'une espèce chimique à l'aide d'une transformation chimique.

Dispositif mis en jeu lors d'un titrage :

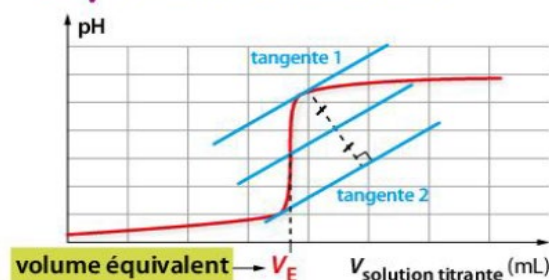


- L'**équivalence** du titrage correspond à l'état du système chimique pour lequel les espèces chimiques **titrante** et **titrée** ont été mélangées dans les **proportions stœchiométriques**.

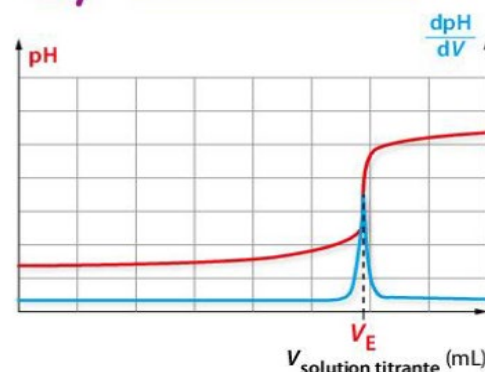
3 Titrage avec suivi pH-métrique

- L'**équivalence** est repérée par (ici, titrage d'un acide par une base) :

la **méthode des tangentes**



la **méthode de la dérivée**



- À l'**équivalence**, on a :

$$n_A = n_B \text{ soit } c_A \cdot V_A = c_B \cdot V_B$$

n : quantité de matière

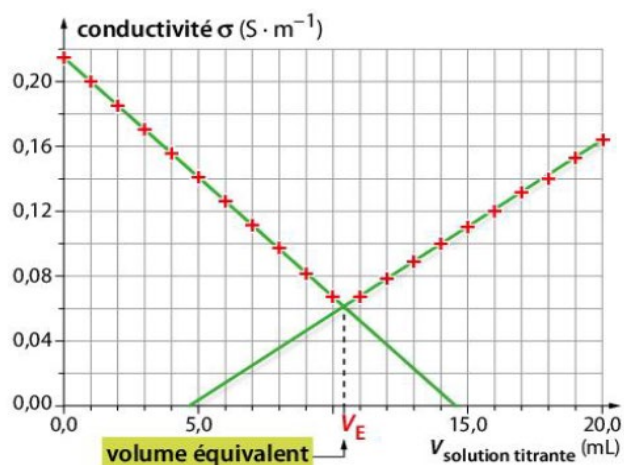
c : concentration en quantité de matière

V_A : volume de l'acide A V_B : volume de la base B

4 Titrage avec suivi conductimétrique

- L'**équivalence** est repérée par (ici, l'une des espèces chimiques est ionique) :

le **changement de pente de la courbe de titrage**



- Les **conductivités molaires ioniques** λ (exprimées en $\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$) et les concentrations des ions en solution expliquent l'évolution de la pente de la courbe.

DONNÉE

► Masse volumique de l'eau $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Exercice 01**13 Acide sulfurique concentré**

On dispose au laboratoire d'une solution aqueuse d'acide sulfurique concentré de titre massique $w = 95 \%$.

Donnée : masse molaire du soluté $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1. Que signifie $w = 95 \%$?
2. Comparer sa teneur en acide à celles utilisées dans les batteries par exemple, et dont le titre massique est $w < 51 \%$.
3. Calculer la densité de la solution du laboratoire sachant que sa concentration en quantité de matière est $17,8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Exercice 02**15 Solution d'acide phosphorique**

Une solution aqueuse commerciale d'acide phosphorique a une densité $d = 1,6$ et un titre massique $w = 75 \%$.

Donnée : masse molaire du soluté $M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

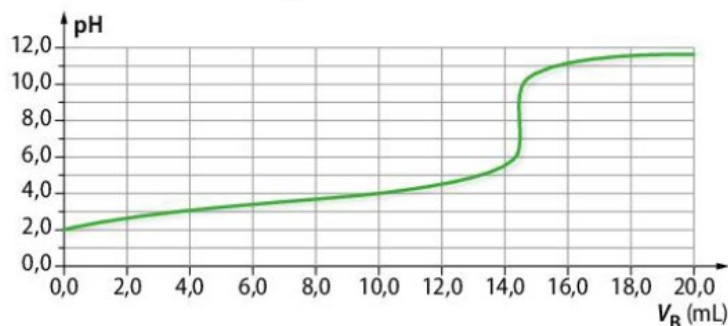
1. Calculer sa concentration en quantité de matière.
2. Lister le matériel nécessaire à la réalisation d'une dilution.
3. Indiquer comment préparer 1,0 L d'acide phosphorique à $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à partir d'une solution commerciale.

Exercice 03**19 « Vitamine C 500 »**

L'acide ascorbique $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, couramment dénommé vitamine C, est présent dans de nombreux fruits et légumes, et sous forme de comprimés en pharmacie.

- On écrase un comprimé de « vitamine C 500 ».
- On dissout la poudre dans un peu d'eau distillée, puis on introduit l'ensemble dans une fiole jaugée de 100,0 mL. On complète avec de l'eau distillée pour obtenir après homogénéisation la solution S.
- On en prélève un volume $V_A = 10,0 \text{ mL}$ que l'on dose par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière $c_B = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Voici la courbe de titrage obtenue :



Données :

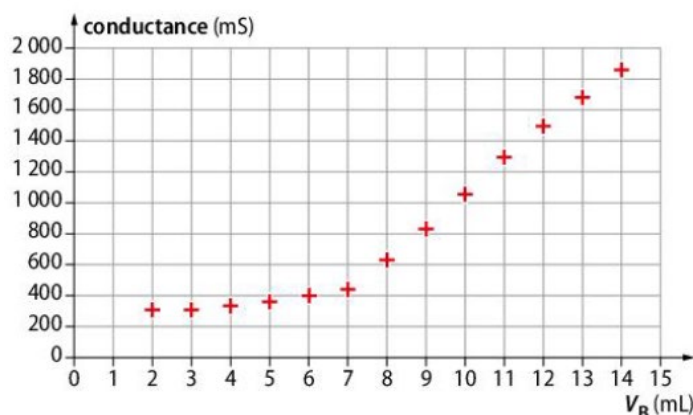
- Masse molaire $M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 176 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Couples acide-base mis en jeu : $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6(\text{aq}) / \text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-(\text{aq})$; $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) / \text{HO}^-(\text{aq})$.

1. Écrire l'équation de la réaction, support du dosage.
2. En utilisant du papier-calque, déterminer graphiquement le volume équivalent.
3. Calculer la quantité d'acide ascorbique dans les 10,0 mL de solution titrée.
4. En déduire la masse m (en mg) d'acide ascorbique contenue dans un comprimé. Justifier le titre de l'exercice.

Exercice 04**22 Titration de l'aspirine**

On prépare $V = 250 \text{ mL}$ d'une solution S en dissolvant une masse $m = 0,32 \text{ g}$ d'acide acétylsalicylique, noté AH, dans de l'eau distillée.

Un échantillon de volume $V_A = 100 \text{ mL}$ est titré par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration $c_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Un suivi du titrage par conductimétrie donne la courbe suivante :



Données :

- Masse molaire $M(\text{AH}) = 180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Couples acide-base mis en jeu : $\text{AH}(\text{aq}) / \text{A}^-(\text{aq})$; $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) / \text{HO}^-(\text{aq})$.

1. Écrire l'équation de la réaction acide-base support du titrage.
 2. Justifier l'allure de la courbe.
 3. Déterminer le volume V_E de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.
 4. Pour la solution S, calculer :
 - a. la concentration c_A en quantité de matière d'acide acétylsalicylique ;
 - b. la masse d'acide acétylsalicylique.
- Est-elle compatible avec la valeur m donnée ?

Exercice 01

13 1. Cela signifie que, pour 1 000 g de solution aqueuse, il y a 950 g d'acide sulfurique.

2. La teneur en acide de la solution du laboratoire est plus importante.

$$3. d = \frac{M \cdot c}{\rho_{\text{eau}} \cdot w} = \frac{98 \times 17,8}{1,00 \times 10^3 \times 0,95} = 1,8$$

Exercice 02

15 1. Les données de l'exercice sont la densité d , le titre massique w , la masse molaire M du soluté, et on sait que $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Donc on utilise la formule suivante (vue en cours, page 69) de la concentration en quantité de matière c :

$$c = \frac{\rho_{\text{eau}} \cdot d \cdot w}{M}$$

$$\text{AN : } c = \frac{1,00 \times 10^3 \times 1,6 \times 0,75}{98} \text{ soit } c = 12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

2. Pour réaliser une dilution, voici le matériel nécessaire : une fiole jaugée, une pipette jaugée et un pipeteur, un bécher.

3. Pour préparer par dilution un volume $V_{\text{dilué}} = 1,0 \text{ L}$ d'une solution de concentration $c_{\text{dilué}} = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, on doit en prélever un volume V (en L) de la solution commerciale, égal à :

$$V = \frac{c_{\text{dilué}} \cdot V_{\text{dilué}}}{c}$$

$$\text{AN : } V = \frac{0,1 \times 1,0}{12} \text{ soit } V = 8,3 \times 10^{-3} \text{ L} = 8,3 \text{ mL}.$$

Comme il n'existe pas de pipette jaugée de ce volume, on le prélève à l'aide d'une burette graduée. Il est ensuite transvasé dans une fiole jaugée de 1 L, puis il faut compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 1,0 L.

Exercice 03

19 1. $\text{AH}(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$.

2. La méthode des tangentes permet de trouver $V_E \approx 14,4 \text{ mL}$.

3. Soient $n(\text{AH})_i$ la quantité de matière d'acide ascorbique à doser et $n(\text{HO}^-)_E$ la quantité de matière d'ions HO^- versée à l'équivalence.

$$\begin{aligned} n(\text{AH})_i &= n(\text{HO}^-)_E \\ &= c_B \cdot V_E \\ &= 2,00 \times 10^{-2} \times 14,4 \times 10^3 = 2,88 \times 10^{-4} \text{ mol} \end{aligned}$$

4. Dans la fiole jaugée de 100,0 mL, il y avait une quantité de matière d'acide ascorbique AH égale à $10 n(\text{AH})_i$.

$$\text{D'où } m = 10 n(\text{AH})_i \cdot M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6).$$

$$m = 2,88 \times 10^3 \times 176 = 507 \text{ mg} \approx 500 \text{ mg}.$$

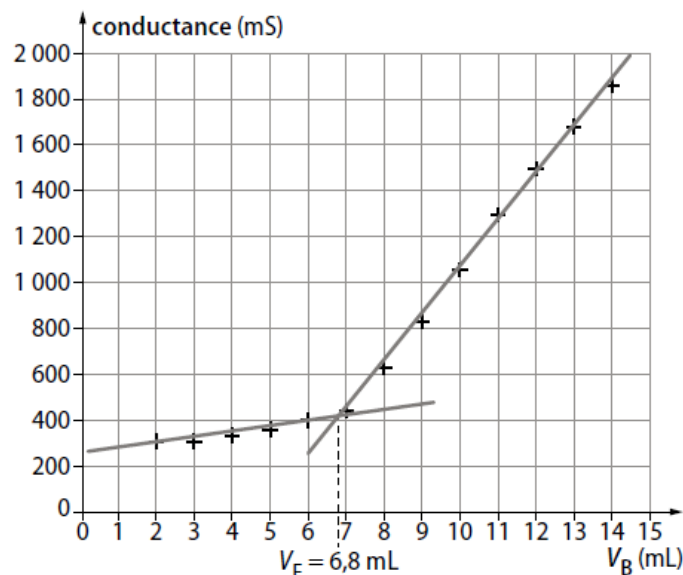
L'indication du fabricant « Vitamine C 500 » indique qu'un comprimé de vitamine C contient 500 mg d'acide ascorbique.

Exercice 04

22 1. $\text{AH}(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$

2. Avant l'équivalence, HO^- est le réactif limitant, il est totalement consommé au fur et à mesure de son ajout. Il apparaît des ions A^- qui font augmenter la conductance. Au-delà de l'équivalence, les ions HO^- ajoutés ne sont plus consommés. Ils sont responsables de l'augmentation de la conductance.

3. On trace deux segments de droite passant par le maximum de points. L'abscisse du point d'intersection de ces deux droites permet d'obtenir le volume équivalent : $V_E = 6,8 \text{ mL}$.



4. a. À l'équivalence et d'après l'équation, on a $n(\text{AH})_{\text{initial}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versée}}$.

$$\text{Donc } c_A \cdot V_A = c_B \cdot V_E.$$

$$\begin{aligned} \text{D'où } c_A &= \frac{c_B \cdot V_E}{V_A} = \frac{1,0 \times 10^{-1} \times 6,8}{100} \\ &= 6,8 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}. \end{aligned}$$

b. La masse d'acide acétylsalicylique est :

$$m_A = c_A \cdot V \cdot M(\text{AH})$$

$$m_A = 6,8 \times 10^{-3} \times 0,250 \times 180$$

$$m_A = 0,31 \text{ g}$$

Ce résultat est compatible avec la masse $m = 0,32 \text{ g}$ dissoute pour préparer la solution.