

SPÉCIALITÉ

PHYSIQUE-CHIMIE

DROIT AU BUT, LES BASES
ET LES CLEFS DE LA RÉUSSITE

Les concepts de base du programme

Nombreuses illustrations et exemples

Questions de cours

Exercices classiques

Problèmes de Bac et de divers concours

Corrigés détaillés et expliqués

The logo consists of a red square containing the letters 'Tle' in white. The 'T' is a large, bold, sans-serif character, and the 'le' is smaller and positioned to the right of the 'T'.The logo for the publisher 'ellipses' features the word 'ellipses' in a lowercase, serif font. It is enclosed within a white graphic of three overlapping ellipses that create a sense of depth and movement.

Réaction acide-base

1. Acide et base de Brönsted

1.1. Définition

Un acide est une espèce chimique capable de céder un ion hydrogène H^+ (proton).

Une base est une espèce chimique capable de capter un ion H^+ .



1.2. Couple acide-base

Notons AH l'acide : $AH = A^- + H^+$. Il lui correspond la base conjuguée A^- . On parle alors de couple acide-base noté AH/A^- (Acide/base).

Il arrive de présenter le couple sous la forme : BH^+/B avec $BH^+ = B + H^+$.

Exemples

Acide carboxylique/Ion carboxylate $RCOOH = RCOO^- + H^+$.

Ion ammonium/Ammoniac $NH_4^+ = NH_3 + H^+$.

2. Réaction acide-base

Une réaction acide-base consiste en un échange de proton entre l'acide d'un couple et la base d'un autre couple. Deux couples sont donc en jeu.

A_1H / A_1^- : $A_1H = A_1^- + H^+$ (*) L'acide A_1H cède un proton.

A_2H / A_2^- : $A_2^- + H^+ = A_2H$ (*) La base A_2^- capte le proton.

Le bilan est donc $A_1H + A_2^- \rightarrow A_1^- + A_2H$.

Conseil:

Pour pouvoir déduire le bilan facilement il faut écrire les demi-équations associées aux couples avec les réactifs à gauche (*).

Les réactions acide-base étudiées se feront en **solution aqueuse** (solvant = eau).

Ainsi, il y aura échange de proton solvaté $H_{(aq)}^+$ qui sera représenté par l'**ion oxonium** H_3O^+ .

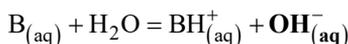
On écrira : $AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = A_{(aq)}^- + H_3O^+$

On est amené à considérer le couple $\boxed{\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}}$.

L'équation bilan précédente peut s'interpréter comme une modélisation de la réaction acide-base entre le couple $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$ et le couple $\text{AH}_{(\text{aq})} / \text{A}^-_{(\text{aq})}$.

Exemple : Le chlorure d'hydrogène $\text{HCl}_{(\text{g})}$ dissout dans l'eau donne de l'acide chlorhydrique (association $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$).

De la même façon, une base B dans l'eau s'interprète comme une réaction acide-base entre les couples $\boxed{\text{H}_2\text{O} / \text{OH}^-_{(\text{aq})}}$ et $\text{BH}^+_{(\text{aq})} / \text{B}_{(\text{aq})}$.



L'eau qui est un acide perd un proton pour former un ion hydroxyde $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$.

À retenir :

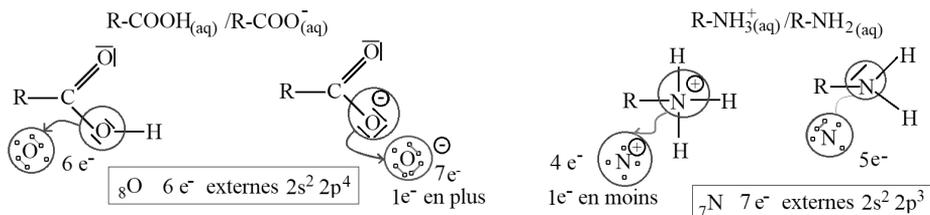
Les bilans précédents montrent que dans l'eau, un acide libère des H_3O^+ et une base libère des $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$.

Il apparaît que l'eau est tantôt une base dans le couple $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$ et tantôt un acide dans le couple $\text{H}_2\text{O} / \text{OH}^-_{(\text{aq})}$. On dit que l'eau est **un ampholyte** ou une **espèce amphotère**. L'ion hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ est également une espèce amphotère.

Exemples : les couples acide-base des espèces organiques

Soit les deux couples : $\text{RCOOH}_{(\text{aq})} / \text{RCOO}^-_{(\text{aq})}$; $\text{R-NH}_3^+_{(\text{aq})} / \text{R-NH}_2_{(\text{aq})}$

(Ion ammonium et l'amine primaire conjuguée). La figure, donne la représentation de Lewis des espèces chimiques citées.



EXERCICES

Exercice 1 Couples acide-base

1. Donner les deux couples acide-base dans lesquels figure l'espèce amphotère $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$.
2. Donner les espèces conjuguées des entités suivantes : CH_3COO^- – $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ – HCOOH – $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$ – SO_3^{2-} .

Exercice 2 Un acide α -aminé

L'alanine (Ala) est un acide α -aminé de formule brute $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$, comportant un groupe carboxyle et un groupe amine ($-\text{NH}_2$). Ce composé existe sous la forme stable d'un amphion : $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-$.

1. Donner les formules semi-développée et développée de l'alanine.
2. Donner les formules semi-développées de l'acide conjugué et de la base conjuguée de l'amphion ainsi que leurs représentations de Lewis.

Exercice 3 Le bicarbonate de sodium

Pour soulager les brûlures d'estomac il arrive d'utiliser du bicarbonate de sodium, poudre blanche disponible dans le commerce et de formule $\text{NaHCO}_3(\text{s})$.

1. Écrire l'équation de dissolution du bicarbonate de sodium dans l'eau.
L'ion hydrogencarbonate intervient comme base pour neutraliser l'excès d'acide chlorhydrique sécrété dans l'estomac. Il s'ensuit un dégagement du dioxyde de carbone (évacué par une éructation ou « rot »).
2. Donner les deux couples acide-base intervenant dans la réaction de l'acide chlorhydrique avec les ions hydrogencarbonate (voir exercice 1).
3. Écrire l'équation de la réaction de neutralisation.

Exercice 4 L'acide citrique

Le citron renferme plusieurs acides dont l'acide citrique, qualifié de triacide.

1. Donner représentation de Lewis de l'acide citrique sachant que sa formule semi-développée est $(\text{HOCO}-\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{OH})-\text{COOH}$.
2. Nommer et encadrer les groupes fonctionnels présence dans la molécule.
Justifier le nom de triacide.

Exercice 5 Réaction acide-base

L'équation de titrage d'une solution de méthylamine par une solution d'acide chlorhydrique est : $\text{CH}_3-\text{NH}_2(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3-\text{NH}_3^+(\text{aq})$.

Écrire les deux demi-équations correspondant aux deux couples en jeu.

Exercice 6 L'acide éthanóïque du vinaigre

Le pourcentage massique en acide éthanóïque d'un vinaigre est de 8 %.

Pour vérifier cette valeur, on procède, lors d'un T.P., au titrage colorimétrique en présence de la phénolphtaléine de 10,0 mL de vinaigre dilué 10 fois. La burette contient une solution de soude de concentration $c_B = 0,10 \text{ mol. L}^{-1}$.

1. Rappeler ce qu'une solution de soude.
2. Proposer un schéma du montage utilisé.
3. Décrire un protocole expérimental permettant de préparer les 10,0 mL de la solution à titrer pour 8 postes.
4. Donner les deux couples acide-base intervenant dans l'action de la soude sur l'acide éthanóïque et en déduire l'équation de la réaction support du titrage.
L'équivalence est obtenue pour un volume de soude versé $V_B = 13 \text{ mL}$.
5. Quelle est alors la concentration en acide éthanóïque de l'échantillon dilué ?
6. L'indication 8 % est-elle correcte ?

Données:

$M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$.

Densité du vinaigre $d = 1,0$.

CORRIGÉS

Exercice 1

1. HCO_3^- (aq) acide et est capable de céder un H^+ : $\text{HCO}_3^- = \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ et donc HCO_3^- (aq) / CO_3^{2-} (aq) (**Ion hydrogénocarbonate**/ion carbonate).

HCO_3^- (aq) base et est capable de capter un H^+ : HCO_3^- (aq) + H^+ = H_2CO_3 (aq)

et donc H_2CO_3 (aq) / HCO_3^- (aq) (Acide carbonique/**ion hydrogénocarbonate**).

Remarque:

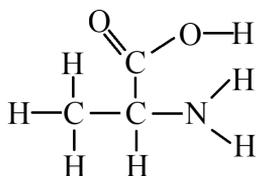
Il arrive de considérer à la place du dernier couple, le couple CO_2 (aq), H_2O / HCO_3^- (aq) :
 CO_2 (aq) + H_2O (l) = H^+ (aq) + HCO_3^- (aq)

Cela revient à tenir compte de l'équation bilan : CO_2 (aq) + H_2O (l) = H_2CO_3 (aq)

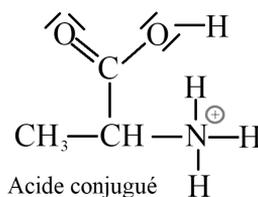
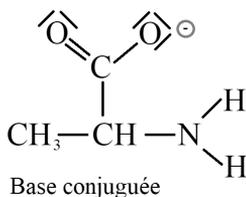
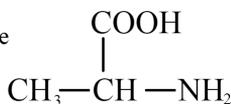
2. $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$ – $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+/\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ – $\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-$ – $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3/\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$ – $\text{HSO}_3^-/\text{SO}_3^{2-}$

Exercice 2

1.



L'alanine



2. L'amphion appartient aux couples :
 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-/\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COO}^-$
 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COOH}/\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-$

Exercice 3

- $$\text{NaHCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{eau}} \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$$
- L'acide chlorhydrique : $\{ \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-(\text{aq}) \}$ correspond au couple $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$

Comme il y a dégagement de dioxyde de carbone, on considérera le couple $\text{CO}_2(\text{aq}), \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-(\text{aq})$
- Les demi-équations sont : $\text{H}_3\text{O}^+ = \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$

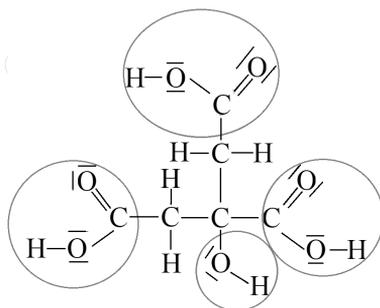
$$\text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}^+ = \text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$$

Le bilan est un transfert de proton : $\text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

L'acide est neutralisé par une base avec production de l'eau.

Exercice 4

- Voir figure.
 - Il y a trois groupes carboxyles et un groupe hydroxyle.
La présence de trois groupes carboxyles justifie le nom de triacide.
- $$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 = 3\text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$$



Exercice 5

- $\text{H}_3\text{O}^+ = \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$.
- $\text{CH}_3 - \text{NH}_2(\text{aq}) + \text{H}^+ = \text{CH}_3 - \text{NH}_3^+(\text{aq})$; $\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+(\text{aq}) / \text{CH}_3 - \text{NH}_2(\text{aq})$.

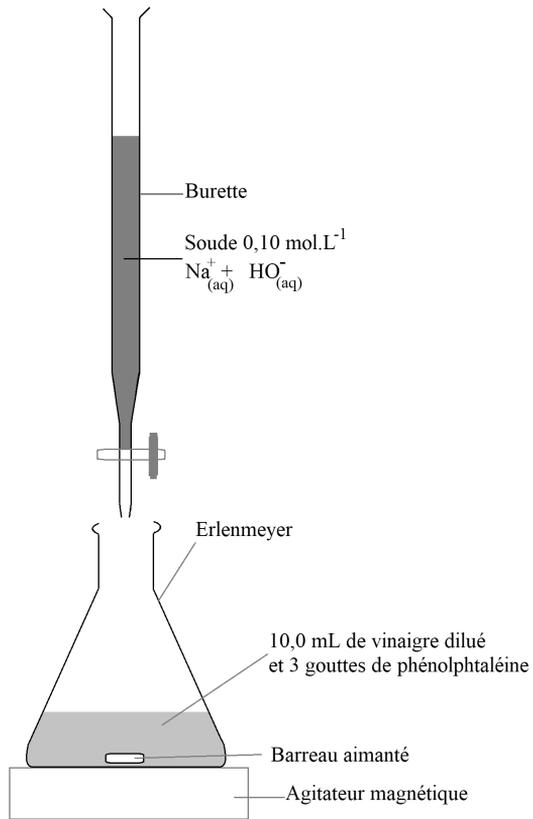
Exercice 6

- On obtient de la soude en dissolvant de l'hydroxyde de sodium $\text{NaOH}(\text{s})$ dans de l'eau :

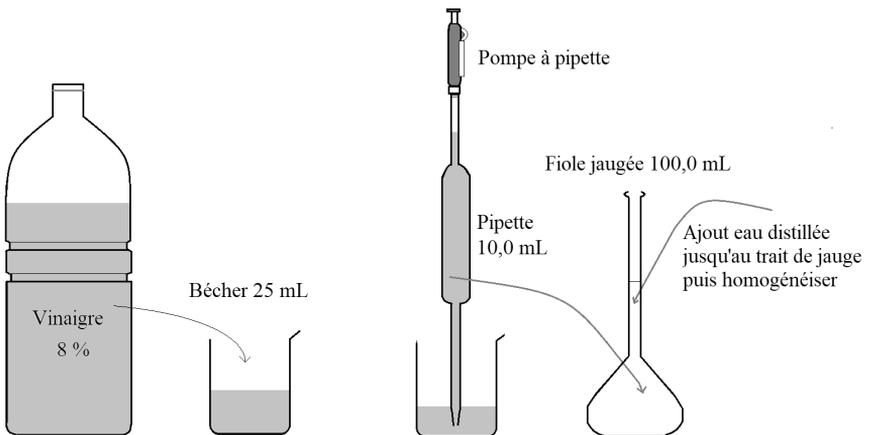
$$\text{NaOH}(\text{s}) \xrightarrow{\text{eau}} \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$$

La soude est la solution aqueuse contenant $\{ \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \}$.

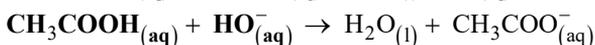
2.



3. Pour huit postes il faut 80 mL au minimum. La figure décrit la préparation de 100,0 mL de vinaigre dilué dix fois.



4. $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}/\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$ et $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}/\text{HO}^-_{(\text{aq})}$. Les réactifs figurent en gras.



5. À l'équivalence $\frac{n(\text{CH}_3\text{COOH présente})}{1} = \frac{n(\text{HO}^- \text{ versée})}{1}$

$$\text{Soit : } [\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{dilué}} \cdot V = c_B \cdot V_B \Rightarrow [\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{dilué}} = \frac{c_B \cdot V_B}{V}$$

$$\text{A.N. : } [\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{dilué}} = \frac{0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 13 \text{ mL}}{10,0 \text{ mL}} = 0,13 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

6. $[\text{CH}_3\text{COOH}] = c = 10 [\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{dilué}} = 1,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Comme $m = n \cdot M = c \cdot V \cdot M$, la masse d'acide éthanoïque présente dans 10,0 mL de vinaigre est :

$$m = 1,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 10,0 \times 10^{-3} \text{ L} \times (2 \times 12 + 4 \times 1,0 + 2 \times 16) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m = 0,78 \text{ g}.$$

Dans 100 mL de vinaigre, il y a donc 7,8 g d'acide éthanoïque. L'indication 8 % nous apprend que 100 g de vinaigre renferme 8 g d'acide éthanoïque.

Un volume $V = 100 \text{ mL}$ correspond une masse $m = \rho \times V = 1000 \times d \times V$.

$$\text{A.N. : } m = 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 1,0 \times 100 \times 10^{-3} \text{ L} = 1,0 \times 10^2 \text{ g}.$$

Donc le vinaigre serait à 7,8 % au lieu de 8 %.

Conseil:

La validation d'un résultat expérimental s'appuie sur un calcul d'incertitudes ou à défaut sur le calcul de l'écart type (voir Préambule). On doit aussi commenter le résultat en citant les éventuelles sources d'erreurs.

$$e = \frac{|X_{\text{exp}} - X_{\text{réf}}|}{X_{\text{réf}}} = \frac{|7,8 - 8|}{8} = 2,5 \times 10^{-2} = 2,5 \%$$

Cet écart est minime, surtout au vu de la méthode utilisée, la colorimétrie, qui n'est pas la plus précise. Remarquons par ailleurs, qu'à un chiffre significatif il y a accord entre l'indication et la valeur expérimentale.