

Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

Partie 1A. Méthodes physiques et chimiques d'analyse

CHAP 01- EXOS Réactions ACIDE/BASE – pH CORRIGE

EXOS en autonomie : QCM p. 43/ER p. 44-45/EC n°34*, 38* et 42*

EXERCICES p. 46 et suiv. : n° 27-33-39-40-43-46+type BAC n° 50

27 a. HNO_2 , H_3O^+ , HSO_4^- , HPO_4^{2-} , H_2O et NH_4^+ sont des acides de Brønsted.

Écrire les formules de leurs bases conjuguées.

b. NO_3^- , HSO_4^- , HPO_4^{2-} , H_2O et HO^- sont des bases de Brønsted.

Écrire les formules de leurs acides conjugués.

c. Identifier les espèces amphotères. Justifier.

27 a. Un acide de Brønsted est susceptible de libérer un ion hydrogène.

Acide de Brønsted	Base conjuguée
HNO_2	NO_2^- car $\text{HNO}_2 = \text{NO}_2^- + \text{H}^+$
H_3O^+	H_2O car $\text{H}_3\text{O}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$
HSO_4^-	SO_4^{2-} car $\text{HSO}_4^- = \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+$
HPO_4^{2-}	PO_4^{3-} car $\text{HPO}_4^{2-} = \text{PO}_4^{3-} + \text{H}^+$
H_2O	HO^- car $\text{H}_2\text{O} = \text{HO}^- + \text{H}^+$
NH_4^+	NH_3 car $\text{NH}_4^+ = \text{NH}_3 + \text{H}^+$

b. Une base de Brønsted est susceptible de capter un ion hydrogène.

Base de Brønsted	Acide conjugué
NO_3^-	HNO_3 car $\text{NO}_3^- + \text{H}^+ = \text{HNO}_3$
HSO_4^-	H_2SO_4 car $\text{HSO}_4^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{SO}_4$
HPO_4^{2-}	H_2PO_4^- car $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{PO}_4^-$
H_2O	H_3O^+ car $\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ = \text{H}_3\text{O}^+$
HO^-	H_2O car $\text{HO}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$

c. Une espèce amphotère est une espèce pouvant se comporter comme un acide ou comme une base. C'est le cas de HSO_4^- , HPO_4^{2-} et H_2O .

33 Le bicarbonate de soude (ou hydrogénocarbonate de sodium) est utilisé pour soigner, nettoyer ou cuisiner. Ses propriétés sont dues à la présence de l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- .

a. Donner les deux couples acide-base auxquels cet ion appartient.

b. Montrer que l'ion hydrogénocarbonate est une espèce amphotère.

c. Mélangé à de l'acide éthanoïque, quel rôle joue cet ion ? Écrire l'équation de la réaction qui se produit.

d. Reprendre la question précédente pour l'ion hydrogénocarbonate mis en présence d'ammoniac $\text{NH}_3(\text{aq})$.

Base

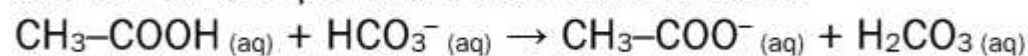
Acide

33 a. $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ et $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$

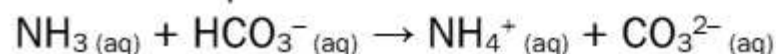
car $\text{HCO}_3^- = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$ et $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{CO}_3$

b. Une espèce amphotère est susceptible de se comporter comme un acide ou comme une base de Brønsted. Il est donc capable de céder et d'accepter un ion hydrogène. C'est le cas pour cet ion d'après ce qui précède.

c. L'acide éthanoïque étant un acide de Brønsted, cet ion se comporterait comme une base.



d. L'ammoniac étant une base de Brønsted, cet ion se comporterait comme un acide.



39 Aniline

Pratiquer l'anglais • Utiliser un modèle

Aniline is an organic compound used mainly in the manufacture of precursors to polyurethane. Its formula is $C_6H_5NH_2$ and its molecular model is given opposite.

a. Write down its Lewis structure.

b. Aniline is a Brønsted base.

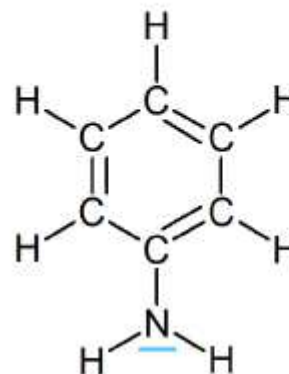
Which ion does it accept? Which part of the structure of aniline can combine with this ion? Explain how.

c. Write down the reaction equation between aniline and water.

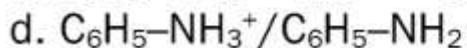
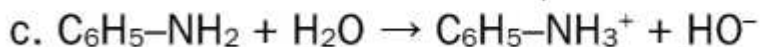
d. In the light of the foregoing, what is the conjugate acid-base pair of aniline?



39 a.



b. Une base de Brønsted est susceptible de capter un ion hydrogène. Le doublet non liant de l'atome d'azote est en effet susceptible de venir combler la lacune électronique de l'ion hydrogène.



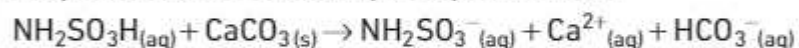
40 Détartrage d'une cafetière

Choisir un modèle • Présenter des explications synthétiques

Un détartrant pour cafetière vendu en sachet dans le commerce se présente sous la forme d'une poudre blanche à base d'acide sulfamique $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$. On se propose d'étudier l'action de cet acide sur un dépôt de tartre constitué d'ions calcium Ca^{2+} et carbonate CO_3^{2-} .



L'équation de la réaction qui se produit est :



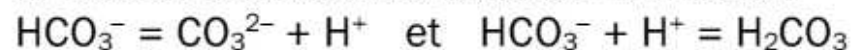
Donnée Le dioxyde de carbone dissous donne de l'acide carbonique $\text{H}_2\text{CO}_3_{(\text{aq})}$.

- Quelle particule a été échangée ici ? À quel type de réaction a-t-on affaire ?
- Identifier le rôle joué par $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ et par CO_3^{2-} . À quels couples appartiennent-ils ?
- $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ a un caractère amphotère. Justifier cette affirmation.
- Lors de l'utilisation de ce détartrant, on peut parfois observer un dégagement gazeux. Quel est ce gaz ? Expliquer sa formation en écrivant l'équation de la réaction qui se produit alors.

40 a. L'ion hydrogène a été échangé ici en étant cédé par $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ et capté par CO_3^{2-} . On a donc affaire à une réaction acido-basique.

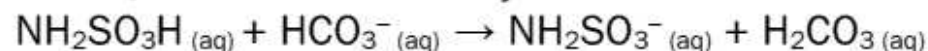
b. $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ cède un ion hydrogène donc il s'agit d'un acide de Brønsted, tandis que CO_3^{2-} capte cet ion, donc c'est une base de Brønsted. Ils appartiennent aux couples $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}/\text{NH}_2\text{SO}_3^-$ et $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$.


c. $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ a un caractère amphotère car c'est à la fois un acide et une base de Brønsted :



d. Lors de l'utilisation de ce détartrant, on peut parfois observer un dégagement de dioxyde de carbone.

En présence d'un excès de détartrant, HCO_3^- peut à son tour réagir avec $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ pour former H_2CO_3 , c'est-à-dire du dioxyde de carbone dissous.




H₂O, CO₂

43 Vinaigre

Interpréter un énoncé - Effectuer un calcul

Un vinaigre à 8° contient $m = 8,0$ g d'acide éthanoïque CH_3COOH dans $m_{\text{vin}} = 100$ g de solution.

Donnée

Masse volumique du vinaigre : $\rho_{\text{vin}} = 1,00$ g·mL⁻¹

1. a. À quel couple appartient l'acide éthanoïque ?
b. Calculer le volume V_{vin} de vinaigre de masse m_{vin} .
c. En déduire la concentration c en acide éthanoïque de ce vinaigre.
2. On apporte à $V = 10$ mL de ce vinaigre $n' = 2,0 \times 10^{-2}$ mol d'ammoniac $\text{NH}_3(\text{aq})$.
a. Écrire l'équation de la réaction qui se produit.
b. Déterminer le réactif limitant.

43 1. a. L'acide éthanoïque appartient au couple $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$.

b. Le volume de vinaigre est $V_{\text{vin}} = \frac{m_{\text{vin}}}{\rho_{\text{vin}}} = 100$ mL.

c. La concentration en acide éthanoïque est :

$$c = \frac{\frac{m}{M_{\text{CH}_3\text{COOH}}}}{V_{\text{vin}}} = 1,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

2. a. $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} + \text{NH}_3_{(\text{aq})} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})} + \text{NH}_4^+_{(\text{aq})}$

b. On introduit une quantité de matière d'acide éthanoïque $n = cV = 1,5 \times 10^{-2}$ mol.

Or, ici, les nombres stœchiométriques sont égaux si bien que le réactif limitant est celui qui est introduit en plus petite quantité donc il s'agit de l'acide éthanoïque ($n < n'$).

46 Des acides pour la peau

BAC

Élaborer un protocole • Effectuer un calcul

Des solutions aqueuses de concentrations différentes en acide salicylique sont commercialisées pour traiter l'acné.

Pour rédiger l'étiquette d'une de ces solutions, on se propose de déterminer le pourcentage massique d'acide salicylique.



Données

• Masse molaire de l'acide salicylique :

$$M = 138,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

• Masse volumique de la solution commerciale :

$$\rho = 4,07 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$$

On dispose d'une solution d'acide salicylique à étiqueter à partir de laquelle on prépare 100 mL de solution diluée dix fois.

On détermine que pour consommer exactement tout l'acide salicylique présent dans une prise d'essai de volume $V_a = 10,0 \text{ mL}$ de la solution diluée, il est nécessaire d'ajouter $V_b = 11,8 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, $(\text{Na}^+_{(\text{aq})}, \text{HO}^-_{(\text{aq})})$, de concentration $c_b = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

a. Rédiger le protocole de préparation de la solution diluée à partir de la solution commerciale à étiqueter.

b. Écrire l'équation de la réaction qui se produit lors du mélange de la solution d'acide salicylique, noté $AH_{(aq)}$, avec la solution d'hydroxyde de sodium.

c. Quelle relation doivent vérifier les quantités de matière apportées des réactifs pour être introduites dans les proportions stœchiométriques ?

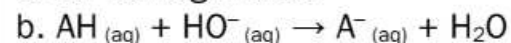
d. En déduire la concentration c_a de l'acide dilué puis la concentration c de la solution commerciale.

e. Définir le pourcentage massique d'acide salicylique dans cette solution puis le calculer.

Sachant que la réglementation autorise un pourcentage massique maximal de 3 % d'acide salicylique dans les cosmétiques prêts à l'emploi, la solution est-elle commercialisable ?

Adapté du sujet de Bac Asie, 2017.

46 a. On veut 100 mL d'une solution diluée dix fois, donc il faut en prélever 10 mL. On verse dans un bécher de la solution commerciale. On prélève 10,0 mL de cette solution à l'aide d'une pipette jaugée de 10 mL, puis on les verse dans une fiole jaugée de 100 mL. On ajoute de l'eau distillée jusqu'aux trois quarts de la fiole. On bouche et on homogénéise. Enfin, on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, en s'aidant éventuellement d'une pipette simple. On bouche et on homogénéise.



c. Les nombres stœchiométriques pour les deux réactifs sont égaux donc les quantités de matière apportées des réactifs doivent être égales pour être introduites dans les proportions stœchiométriques.

d. La quantité de matière d'ions hydroxyde apportée est $n = c_b V_b$.

La quantité de matière d'acide salicylique initialement présente est identique, donc sa

concentration est $c_a = \frac{n}{V_a} = \frac{c_b V_b}{V_a} = 5,9 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

La solution commerciale a donc la concentration $c = 10c_a = 0,59 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

e. Dans un volume V_0 de solution commerciale, on a donc une masse $m_a = cV_0M$ d'acide salicylique, alors que la masse de solution est $m = \rho V_0$. Par conséquent, le pourcentage massique d'acide salicylique de la solution commerciale est

$$\frac{m_a}{m} = \frac{cM}{\rho} = 2,0 \% < 3 \% \text{ donc la solution est}$$

commercialisable.

50 Acidité et vin



Le vin est une boisson alcoolisée issue de la fermentation de raisins.

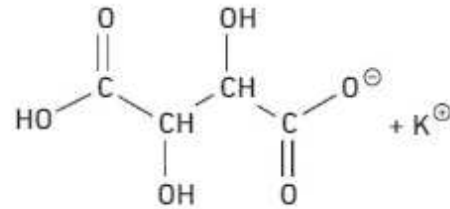
Les acides d'un vin influencent son goût, son équilibre et sa couleur. Trois acides primaires sont présents dans les raisins de cuve : l'acide tartrique, l'acide malique et l'acide citrique. Au cours de la vinification puis dans les vins finis, de l'acide acétique (éthanoïque) et de l'acide lactique vont se former et contribuer à l'acidité totale du vin.

Données

- Solubilité du bitartrate de potassium dans l'eau :
5,7 g·L⁻¹ à 20 °C, 45 g·L⁻¹ à 80 °C
et 61 g·L⁻¹ à 100 °C (ébullition)
- Masse molaire de l'acide malique : $M_{\text{mal}} = 134,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Masse molaire de l'acide lactique : $M_{\text{lac}} = 90,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Masse molaire de l'acide sulfurique : $M_{\text{sulf}} = 98,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Masse molaire de l'acide acétique : $M_{\text{acét}} = 60,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Pour simplifier, on notera les couples acide-base :
 - de l'acide malique : AH_2/AH^- et $\text{AH}^-/\text{A}^{2-}$
 - de l'acide lactique : AH/A^-

1. L'acide tartrique

L'acide tartrique joue un grand rôle dans la stabilité chimique du vin, lui conférant ainsi un meilleur potentiel de vieillissement. Dans le vin, il est présent sous la forme de bitartrate de potassium :



Pendant la fermentation, il cristallise à partir des lies et des débris de pulpe, affectant la clarté du vin. Une partie du tartre soluble dans le vin se retrouve dans certains vins au niveau des fonds de bouteille.

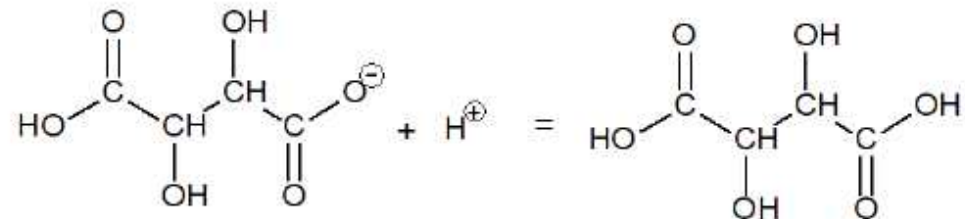
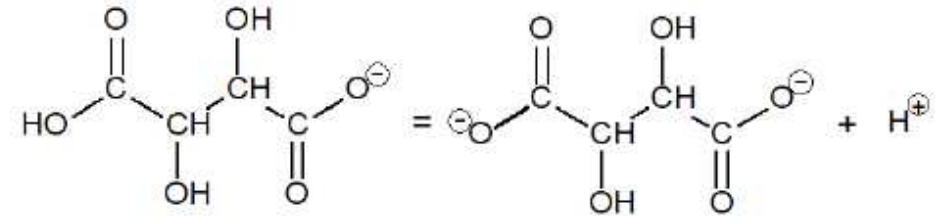
1.1. Montrer que l'ion bitartrate présente un caractère amphotère.

1.2. Expliquer pourquoi les vignerons abaissent parfois la température des vins avant leur mise en bouteille pour limiter la présence de dépôts de tartre.

2. L'acide malique et l'acide lactique

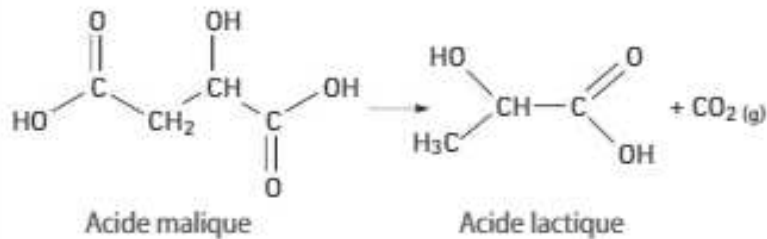
L'acide malique donne un goût acidulé au vin, parfois trop marqué pour être apprécié. Pour produire certains vins de qualité, en particulier des vins rouges, il faut

50 **1.1.** L'ion bitartrate présente un caractère amphotère car il est à la fois un acide et une base de Brønsted :



1.2. En abaissant la température des vins, les vignerons provoquent la précipitation du tartre car la solubilité de celui-ci dans l'eau décroît quand la température diminue. Ainsi, ils peuvent l'éliminer par filtration avant la mise en bouteille.

provoquer la *fermentation malolactique* au cours de laquelle des bactéries transforment l'acide malique en acide lactique suivant l'équation :



Cette transformation abaisse l'acidité des vins.

Un vigneron suit la fermentation malolactique d'un vin contenu dans une cuve de volume $V_1 = 10 \text{ m}^3$.

La concentration en masse initiale C_{m1} en acide malique dans le vin est de $3,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. La masse m_2 d'acide lactique formée finalement est de 20 kg.

2.1. Donner les schémas de Lewis des molécules d'acide malique et d'acide lactique.

Mettre en évidence la polarisation des liaisons pouvant se rompre. Quelle particule pourrait être ainsi cédée ?

2.2. En déduire une justification aux notations AH_2 pour l'acide malique et $\text{A}'\text{H}$ pour l'acide lactique.

Comment appelle-t-on de telles espèces ?

2.3. Pourquoi parle-t-on parfois de désacidification résultant de la fermentation malolactique ?

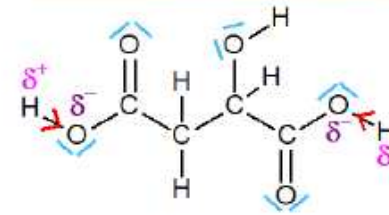
2.4. La fermentation malolactique est-elle une transformation chimique totale ?

3. L'acide acétique

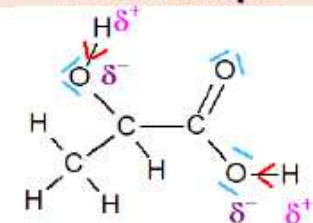
L'acide éthanoïque ou acétique (du latin *acetum*, vinaigre) crée un défaut du vin, la piqûre acétique. Il est aussi le seul acide volatil, les autres étant stables.

L'acidité volatile d'un vin correspond à la concentration

2.1. Acide malique



Acide lactique



Ils pourraient céder des ions hydrogène H^+ .

2.2. L'acide malique est noté AH_2 car il possède deux liaisons $\text{O}-\text{H}$ susceptibles de se rompre en libérant deux ions hydrogène. L'acide lactique est noté $\text{A}'\text{H}$ car il possède une liaison $\text{O}-\text{H}$ qui libérerait un ion hydrogène en se cassant. De telles espèces sont donc des acides de Brønsted.

2.3. On parle parfois de désacidification résultant de la fermentation malolactique car on passe d'une espèce susceptible de libérer deux ions hydrogène à une autre qui ne peut en libérer qu'un.

2.4. D'après les nombres stœchiométriques de l'équation, si la fermentation malolactique est totale, la quantité de matière finale de l'acide lactique devrait être égale à la quantité de matière apportée en acide malique.

La quantité de matière n_1 apportée en acide

$$n_1 = \frac{C_{m1} V_1}{M_{\text{mal}}} = 2,2 \times 10^2 \text{ mol.}$$

La quantité de matière n_2 formée en acide lactique

$$n_2 = \frac{m_2}{M_{\text{lac}}} = 2,2 \times 10^2 \text{ mol.}$$

Il s'agit donc bien d'une transformation totale.

en masse d'acide acétique dans ce vin, exprimée souvent en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ en équivalent H_2SO_4 .

3.1. Donner la formule semi-développée puis la formule brute de l'acide éthanoïque.

3.2. Combien d'ions hydrogène sont susceptibles d'être libérés par molécule de H_2SO_4 ? par molécule d'acide acétique ?

3.3. Pour que le vin soit dit « marchand », son acidité volatile ne doit pas excéder $0,90 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ en H_2SO_4 , soit $1,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ en acide acétique. Pour justifier cette équivalence, calculer les concentrations en quantité de matière d'ions hydrogène pouvant être libérés par ces acides.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.

Adapté du sujet de Bac Antilles, 2017.

DES CLÉS POUR RÉUSSIR

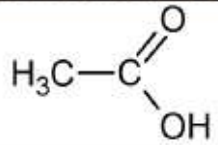
1.2. Comparer les solubilités à différentes températures.

2.4. Veiller à la cohérence des unités.

Pour une transformation totale, l'avancement final est égal à l'avancement maximal.

3.3. Bien revoir les calculs de quantités de matière à partir des masses et des masses molaires.

3.1. Acide éthanoïque :

Formule semi-développée	Formule brute
	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

3.2. Deux ions hydrogène sont susceptibles d'être libérés par molécule de H_2SO_4 contre un seul par molécule d'acide acétique.

3.3. Soit c_{sulf} la concentration en quantité de matière apportée en H_2SO_4 correspondant à $C_{\text{m,sulf}} = 0,9 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Elle vaut $c_{\text{sulf}} = \frac{C_{\text{m,sulf}}}{M_{\text{sulf}}} = 9,2 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

donc la concentration apportée en H^+ est :
 $2c_{\text{sulf}} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Soit $c_{\text{acét}}$ la concentration en quantité de matière apportée en H_2SO_4 correspondant à $C_{\text{m,acér}} = 1,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Elle vaut $c_{\text{acét}} = \frac{C_{\text{m,acét}}}{M_{\text{acét}}} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

donc la concentration apportée en H^+ est :
 $c_{\text{acét}} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

L'équivalence est donc bien vérifiée.