

T.P. C9 : Titrage de l'acide phosphorique dans le coca-cola ®

Objectif : Comparer le dosage de l'acide phosphorique à celui du coca-cola® par pH-métrie.

Le **Coca-Cola** ® est une marque commerciale déposée en 1887 d'un soda (boisson gazeuse sucrée), née aux États-Unis. Il tire son nom de sa première composition : la feuille de coca et l'utilisation de noix de kola, la boisson était alors vendue par son inventeur le pharmacien John Pemberton, comme remède miracle (elle n'était pas encore dans la mythique bouteille dont la forme elle-même a été déposée en 1960).



I.- Dégazage préalable du coca-cola ®

E.1. : On a prélevé environ 250 mL de Coca Cola ® que l'on introduit dans un ballon sur lequel on aura placé un réfrigérant à boules. On chauffe doucement à reflux pendant une vingtaine de minutes avec quelques grains de pierre ponce.

Q.2. : Quelle est la nature des bulles dans les boissons gazeuses ?

Q.3. : Ces bulles font intervenir des couples acido-basiques : écrire les couples acido-basiques correspondants.

Q.4. : Pourquoi faut-il chercher à éliminer ce gaz pour le dosage de l'acide phosphorique contenu dans le Coca Cola ?

II.- Titrage de l'acide phosphorique

L'acide phosphorique de formule H_3PO_4 est un triacide faiblement dissocié dans l'eau dont les constantes d'acidité à 25 °C sont données : $pK_{a1} = 2,1$; $pK_{a2} = 7,2$ et $pK_{a3} = 12,4$.

1) Etalonnage du pH-mètre

E.5. : Réaliser l'étalonnage du pH-mètre à l'aide des solutions-tampons à $pH = 7,2$ puis à $pH = 4,7$.

2) Réalisation du titrage

E.6. : Préparer une burette graduée contenant la solution de soude à $c_b = 3,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

E.7. : Prélever une prise d'essai $V_1 = 25,0 \text{ mL}$ de solution d'acide phosphorique à la concentration c_1 inconnue et l'introduire dans un bécher de 150 mL.

E.8. : Préparer le dispositif de titrage.

E.9. : Réaliser le titrage en traçant la courbe simultanément sur Regressi : on commencera 0,5 mL par 0,5 mL et l'on diminuera l'incrément au voisinage d'un saut de pH.

S.10. : Réaliser le schéma du dispositif expérimental.

Q.11. : Représenter le graphe $pH = f(V_b)$.

Q.12. : Écrire les demi-équations acido-basiques des couples considérés Donner la formule et le nom des bases conjuguées successives de l'acide phosphorique.

Q.13. : Donner les domaines de prédominance des différentes entités en fonction du pH. En déduire les espèces qui sont dosés à chaque point d'équivalence. et la composition du mélange à chaque point d'équivalence.

Q.14. : Écrire les équations des réactions de l'acide phosphorique avec la soude.

Q.15. : Interpréter le fait qu'il n'y ait que deux sauts de pH au lieu de trois attendus.

Q.16. : Déterminer graphiquement les coordonnées des deux points équivalents E1 et E2. En déduire la concentration c_a de l'acide phosphorique dosé en précisant la formule de calcul de cette concentration.

Q.17. : Déterminer sur la courbe les pH aux points remarquables :

V_b	$\frac{V_{E1}}{2}$	V_{E1}	$\frac{V_{E1} + V_{E2}}{2}$	V_{E21}
pH				

Les pH mesurés correspondant à la première $\frac{1}{2}$ équivalence et à la $\frac{1}{2}$ deuxième correspondent-ils à ceux attendus. Interpréter.

II.- Titrage du coca-cola ®

E.18. : Prélever une prise d'essai de 25,0 mL de coca-cola dégazé et réaliser le titrage par la soude à $c_b = 3,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ par suivi pH-métrique. Tracer simultanément la courbe sur Regressi : on commencera 0,5 mL par 0,5 mL et l'on diminuera l'incrément au voisinage d'un saut de pH.

Q.19. : Représenter le graphe $\text{pH} = f(V_b)$.

Q.20. : Quelles différences observe-t-on entre la courbe de titrage de l'acide phosphorique et celle du Coca Cola ?

Q.21. : Déterminer les deux points équivalent E'1 et E'2. Déduire de V'_{E1} la concentration c'_a de l'acide phosphorique dans le Coca Cola en mol.L^{-1} .

Q.22. : Vérifier que la teneur autorisée par la législation (0,6 g/L) n'est pas dépassée.

Q.23. : Vérifier que l'exploitation du deuxième point d'équivalence conduit à une concentration plus grande que celle calculée précédemment.

Q.24. : Montrer que l'on pourrait interpréter cette différence par les 2 hypothèses suivantes :

- il restait du dioxyde de carbone dans la solution
- l'acidifiant utilisé dans la boisson n'est pas l'acide phosphorique, mais un mélange d'acide phosphorique et de dihydrogénophosphate de sodium.

Q.25. : Pour vérifier ces hypothèses, on effectue une simulation du titrage avec le logiciel « Simulwin ».

Configurer le logiciel comme indiqué ci-contre :

- effectuer un « glisser » à partir de la liste des espèces pour les placer dans les rubriques « burette » ou « bécher ».

- indiquer la valeur de la concentration trouvée en Q.21. pour H_3PO_4 .

- choisir des concentrations pour H_2PO_4^- et $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ comprises entre 5×10^{-4} et $2 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$.

- ajuster par tâtonnement ces deux valeurs jusqu'à ce que la courbe simulée soit voisine de la courbe expérimentale.

- Noter les concentrations choisies pour effectuer une simulation « ressemblante » à la courbe expérimentale.

Les hypothèses et le raisonnement effectués à la question précédente sont-ils confirmés par la simulation ?

Q.26. : Superposer courbe expérimentale et courbe simulée.

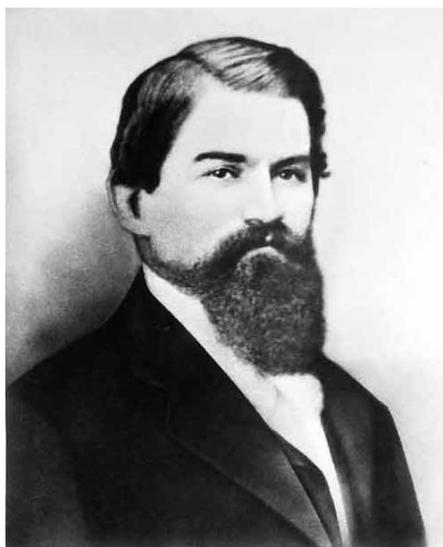
Volume total

Burette	Conc. (mol/L)	Vol.(mL)
OH ⁻	3E-2	25

Permutation des contenus du becher et de la burette

Becher	Conc. (mol/L)	Vol.(mL)
H ₃ PO ₄		NA
H ₂ PO ₄ ⁻		NA
CO ₂ ,H ₂ O		NA

Volume total 25 mL Dilution



John Stith Pemberton (1831-1888),
pharmacien inventeur du Coca-Cola