

## TP n° 10 : Acidité du coca-cola

Il est possible de venir à la séance avec votre **ordinateur portable**. Le TP nécessite que le **logiciel Dozzaqueux** (gratuit) soit installé.



La balance acide/sucré dans le coca-cola est très importante pour l'impression en bouche et pour le goût. L'acidité est obtenue par l'acide phosphorique (E338) qui est autorisé dans de nombreux produits, dont le coca-cola. L'ajout de  $\text{CO}_2$  via de l'eau gazéifiée participe également à l'acidité de la boisson.

La teneur maximale légale en acide phosphorique est de 6g/L, dans le coca-cola cette teneur est environ dix fois plus faible.

La dose journalière admissible (DJA) a été évaluée au niveau national et fixée à 70 mg d'acide phosphorique par kg de masse corporelle par jour.



L'acide phosphorique  $\text{H}_3\text{PO}_{4(\text{aq})}$  est un triacide, il intervient dans les couples acide-bases suivants dont on donne les valeurs des pKa :

	pKa
$\text{H}_3\text{PO}_{4(\text{aq})} / \text{H}_2\text{PO}_4^- (\text{aq})$	2,15
$\text{H}_2\text{PO}_4^- (\text{aq}) / \text{HPO}_4^{2-} (\text{aq})$	7,20
$\text{HPO}_4^{2-} (\text{aq}) / \text{PO}_4^{3-} (\text{aq})$	12,42

Le  $\text{CO}_{2(\text{aq})}$  est un diacide et intervient dans les couples acide-base suivants :

	pKa
$\text{CO}_{2(\text{aq})} / \text{HCO}_3^- (\text{aq})$	6,35
$\text{HCO}_3^- (\text{aq}) / \text{CO}_3^{2-} (\text{aq})$	10,3

On donne également les masses molaires :

M(H)	M(O)	M(P)
1,0 g.mol <sup>-1</sup>	16,0 g.mol <sup>-1</sup>	31 g.mol <sup>-1</sup>

**I) Réalisation de simulations de titrages**

Afin de déterminer la concentration massique  $c_m$ , on souhaite réaliser un titrage pH-métrique du coca par de la soude de concentration  $C_B = 0,010 \text{ mol. L}^{-1}$ . On dispose pour cela d'une solution de coca décarbonifié, c'est-à-dire sans  $CO_{2(aq)}$ , obtenue par un chauffage à reflux à  $70^\circ\text{C}$  pendant 30 minutes. La solubilité du  $CO_{2(aq)}$  diminue avec la température (voir annexe B).

1. Ecrire la réaction de titrage, supposée totale.
2. A partir des données fournies en introduction, estimer la valeur du volume  $V_{eq1}$  à l'équivalence du titrage pour un volume  $V = 20 \text{ mL}$  de coca décarbonifié.
3. a) Réaliser une simulation du titrage avec le logiciel *Dozzaqueux* (voir annexe la notice d'utilisation) et tracer la courbe donnant  $pH = f(V)$  avec  $V \in [0; 3 \times V_{eq1}]$ .  
b) Vérifier graphiquement la valeur de  $V_{eq1}$ .  
c) Pourquoi observez-vous une deuxième équivalence ? Ecrire la deuxième équation de titrage et donner la relation reliant  $V_{eq2}$  et  $V_{eq1}$ .

Dans la réalité il subsiste du  $CO_{2(aq)}$  dans le coca : le dégazage n'a pas été total, la soude versée elle-même favorise la dissolution du  $CO_{2(g)}$  de l'air ambiant. Le  $CO_{2(aq)}$  intervient dans des couples acide-base et est susceptible de perturber le titrage par la soude.

On suppose qu'il reste une concentration résiduelle en  $CO_{2(aq)}$  égale à  $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol. l}^{-1}$ .

4. a) Réaliser une nouvelle simulation du titrage avec le logiciel *Dozzaqueux* en tenant compte de la présence de  $CO_{2(aq)}$  dans l'état initial (avec toujours  $V \in [0; 3V_{eq1}]$ ).  
b) La première équivalence est-elle modifiée ?  
c) La deuxième équivalence est-elle modifiée ?

**II) Elaboration et réalisation du protocole**

A l'aide des résultats de la première partie et du matériel donné en annexe, élaborer puis réaliser un protocole permettant de répondre à la question : combien de canettes de 33 cL de coca une personne de masse  $m = 70 \text{ kg}$  peut-elle boire par jour sans dépasser la DJA ?

Votre protocole devra inclure l'observation de la 2<sup>ème</sup> équivalence.

### III) Interprétation des résultats

#### Etude de la première équivalence

1. Avec un tableur, tracer le graphe donnant  $pH = f(V)$  et déterminer avec la méthode de la dérivée la valeur expérimentale de  $V_{eq1}$  accompagnée d'une incertitude  $u(V_{eq1})$ .

On rappelle la formule de propagation des erreurs dans le cas d'un produit de facteurs :

Si  $q = x^\alpha y^\beta \dots$  alors l'incertitude-type  $u(q)$  de  $q$  est donnée par la formule:

$$u(q) = q \sqrt{\alpha \left(\frac{u(x)}{x}\right)^2 + \beta \left(\frac{u(y)}{y}\right)^2 + \dots}$$

L'incertitude sur le trait de jauge de la pipette est  $\frac{\Delta V}{V} = 0,2\%$ . La solution titrante de soude a été réalisée par le préparateur avec une concentration molaire à 1% près.

2. En déduire la concentration massique en  $H_3PO_4(aq)$  dans le coca accompagnée d'une incertitude. La limitation légale est-elle respectée ?
3. Combien de canettes de 33 cL de coca une personne de masse  $m = 70 \text{ kg}$  peut-elle boire par jour sans dépasser la DJA ? Le résultat sera annoncé avec une incertitude sur le nombre de canettes.

#### Etude de la seconde équivalence

4. Déterminer graphiquement la valeur expérimentale de  $V_{eq2}$  accompagnée d'une incertitude  $u(V_{eq2})$ .
5. Reste-t-il du  $CO_2(aq)$  dissous dans le coca décarbonifié ? Si oui, en déduire la valeur de la concentration molaire restante.

**Annexe A : Matériel et produits disponibles**

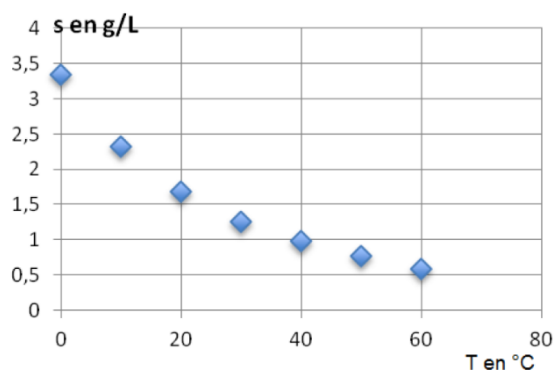
**Matériel**

Burette graduée de 50 mL  
 Agitateur magnétique et barreau aimanté  
 pH mètre  
 2 béchers de 50 mL, 1 bécher de 100 mL.  
 Pipettes jaugées de 10 mL et 20 mL  
 Papier pH

**Produits**

Soude à 0,010 mol.L<sup>-1</sup>  
 Coca-cola dégazé (coca chauffé à reflux à 70°C pendant 30 min))  
 Solutions étalons pour le pH-mètre  
 Eau distillée

**Annexe B : Solubilité du CO<sub>2(g)</sub> dans l'eau en fonction de la température**



**Annexe C : Grille d'évaluation « Acidité dans le coca-cola »**

NOM du binôme :

<i>Compétence</i>	<i>Coeff.</i>	<i>Commentaire</i>
<b>S'approprier</b> (évaluer un ordre de grandeur)	1	
<b>Analyser/Raisonner</b> (formuler des hypothèses, élaborer un protocole)	3	
<b>Réaliser</b> (mettre en œuvre un protocole, effectuer une représentation graphique à partir de données, mener des calculs analytiques, effectuer des applications numériques)	3	
<b>Valider</b> (exploiter des mesures, identifier les sources d'erreurs, estimer les incertitudes, analyser les résultats de manière critique)	3	
<b>Communiquer</b> (présenter les étapes de travail de manière synthétique, organisée et compréhensible)	2	

Note :