

## PROBLEME 4 : Etude d'une boisson au cola

### S'approprier le problème.

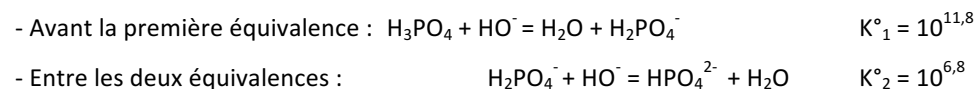
Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.

- D'après la simulation du dosage; un dosage pH-métrique doit être mis en jeu.
- Le volume titré est,  $V_0 = 10$  mL ; le réactif titrant est à la concentration  $C_B = 0.01$  mol/L. On cherche à déterminer  $C_A$ .
- On peut observer deux volumes équivalents qui correspondent aux abscisses des maxima de la dérivée du pH par rapport au volume.
- Les données utiles sont les  $pK_A$  des couples relatifs à l'acide phosphorique afin de lister les réactions de titrage.
- La teneur maximale légale autorisée d'acide phosphorique : 0,6g/L
- La courbe bleue représente la courbe  $pH = f(V)$ .
- Attribuer chaque courbe de distribution à une espèce :
  - courbe rose : %  $H_3PO_4$
  - courbe verte : %  $H_2PO_4^-$
  - courbe rouge : %  $HPO_4^{2-}$
  - courbe verte : %  $PO_4^{3-}$
- La solubilité du  $CO_2$  dans l'eau diminue avec la température.

### Analyser

Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites.  
 Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.  
 Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées  
 Etablir une stratégie de résolution

- Equations des réactions support du titrage (les constantes d'équilibre sont déterminées à partir des données des  $pK_A$ ).



Il y a ensuite la réaction entre les ions  $HO^-$  et l'ion hydrogénophosphate  $HPO_4^{2-}$ , mais

celle-ci n'est pas quantitative :



C'est pour cela que l'on observe uniquement deux équivalences sur la courbe de titrage.

- Seule la première équivalence est utile pour déterminer la concentration en acide phosphorique de la boisson au cola.

- On voit, d'après les données, que  $\Delta pK_A > 4$  pour chaque acidité de l'acide phosphorique, on en déduit donc que les acidités sont dosées successivement.

- D'après les courbes de distribution, on voit que les différentes acidités sont dosées successivement.

- D'après le document 2, la solubilité du  $CO_2$  diminue quand T augmente. La boisson a donc été préalablement chauffée à reflux afin d'éliminer le gaz dissout, c'est-à-dire le  $CO_2$ . En effet, il paraît difficile de prélever le bon volume de la boisson à doser si celle-ci contient des bulles. Le reflux permet d'éviter toute perte de matière.

- Pour vérifier que le chauffage a été efficace, il faut s'intéresser à la deuxième équivalence.

En effet, s'il reste du  $CO_2$ , entre les deux équivalences, les deux réactions suivantes ont eu lieu :



et



### Réaliser

Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.  
 Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.

- Protocole expérimental, matériel nécessaire :

- burette graduée
- agitateur magnétique
- bécher contenant la boisson au cola
- pipette pour prélever les 10,0 mL de la boisson au cola
- pH-mètre + ECS + électrode de verre.-

Lors du titrage pH-métrique, il faut resserrer la prise de points autour de l'équivalence.

D'après la première réaction support du titrage :  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HO}^- = \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ , la relation à l'équivalence s'écrit :

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{HO}^-)_{\text{eq1}} \quad \text{soit} \quad C_A \cdot V_0 = C_B \cdot V_{\text{eq1}}$$

$$\text{AN : } \boxed{C_A = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}}$$

On peut comparer  $2 \cdot V_{\text{eq1}}$  et  $V_{\text{eq2}}$  pour savoir si tout le  $\text{CO}_2$  a été éliminé. En effet, s'il n'y a que de l'acide phosphorique, alors on devrait avoir  $V_{\text{eq2}} = 2 \cdot V_{\text{eq1}}$

Ici  $2 \cdot V_{\text{eq1}} = 11,6 \text{ mL}$  et  $V_{\text{eq2}} = 13,4 \text{ mL}$ .

On a donc versé 1,8 mL de soude « en trop » entre les deux équivalences.

Il y a eu en plus cette réaction :  $\text{HO}^- + \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ .

Il reste encore :  $1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 / 0,01 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$  de  $\text{CO}_2$  dissout

Teneur en acide phosphorique :  $m = 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot 98 = \underline{\underline{0,57 \text{ g/L}}}$  : la valeur est en dessous du taux limite, donc la boisson au cola est aux normes.

<b>Valider</b>	Discuter de la pertinence du résultat trouvé (identification des sources d'erreur, choix des modèles, formulation des hypothèses, ...) Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue
----------------	--

Les élèves peuvent vouloir valider leur résultat en exploitant la seconde équivalence.