

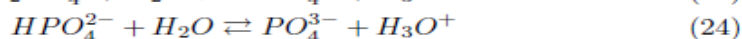
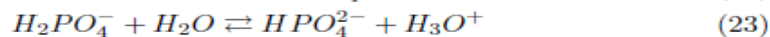
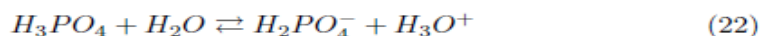
## Document 1. L'acide phosphorique.

Sébastien Bourdreux. *Les acides dans les boissons. Aspects qualitatifs et quantitatifs.*

Agrégation de Physique. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand. Janvier 2003. (Extraits)

### 4.1 L'acide phosphorique

L'acide phosphorique  $H_3PO_4$  est un triacide : dans l'eau, il est susceptible de libérer trois protons  $H^+$  selon les trois équations



Chaque réaction est caractérisée par sa constante d'acidité. En posant  $H_3A$  pour représenter  $H_3PO_4$ , on écrira

$$K_{a1} = \frac{[H_2A^-][H_3O^+]}{[H_3A]}$$

$$K_{a2} = \frac{[HA^{2-}][H_3O^+]}{[H_2A^-]}$$

$$K_{a3} = \frac{[A^{3-}][H_3O^+]}{[HA^{2-}]}$$

Les tables donnent les pKa suivants, à 25°C,

- $pK_{a1} = 2,15$
- $pK_{a2} = 7,20$
- $pK_{a3} = 12,38$

On obtient le diagramme de prédominance suivant :



[...]

### 4.3.2 Acidité non-volatile

L'acide phosphorique  $H_3PO_4$  est l'acide principalement responsable de l'acidité du Coca. Le dosage de cette boisson par une base (soude) donne donc la "belle" courbe de dosage caractéristique de ce **polyacide**.

Le Coca "normal" est constitué d'eau gazéifié, de sucre, de caramel, d'acidifiant E338 (acide phosphorique), d'extraits végétaux, de caféine. Le Coca light comporte les mêmes ingrédients, sans sucres, mais avec en plus de l'acide citrique, du benzoate de sodium et de l'aspartame. Ces trois dernières espèces possédant des fonctions acido-basiques, le dosage direct précédent n'est pas approprié.

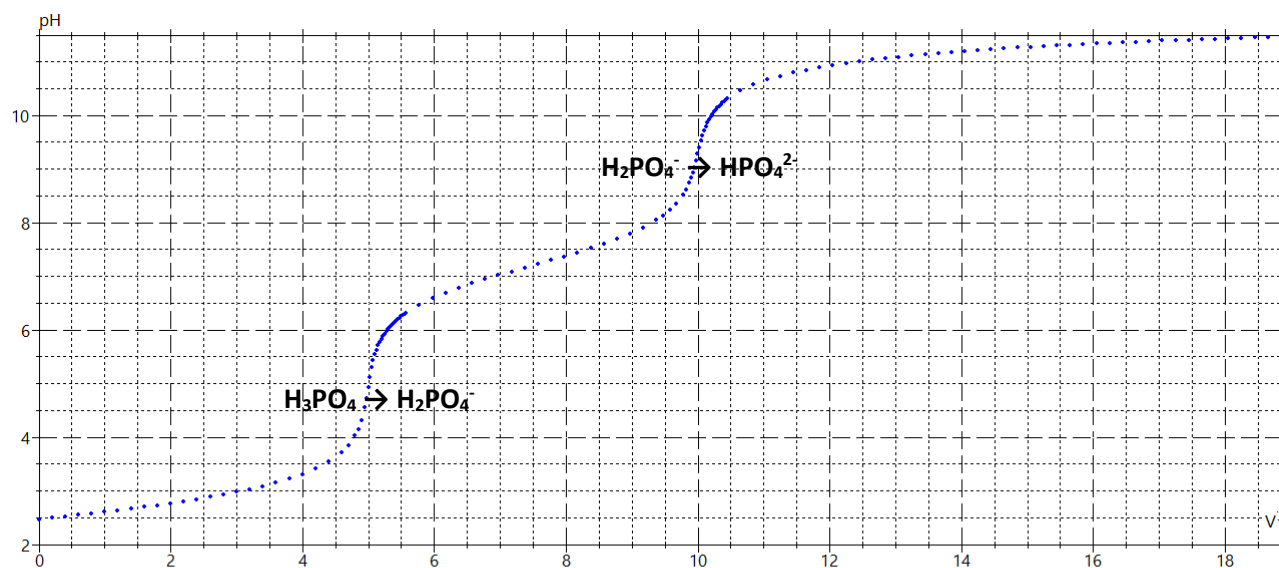
Le dosage s'effectue ici à l'aide d'une solution de soude titrant  $0,010 \text{ mol.L}^{-1}$  c'est-à-dire pas trop concentrée, car la teneur en acide  $H_3PO_4$  dans les boissons est limitée par la loi. On dose un volume de 10,0 mL de Coca bouilli (décarboniqué, avec 20 mL d'eau) en suivant par pH-métrie.

Le graphe correspondant à  $pH = f(V)$  est donné en annexe.

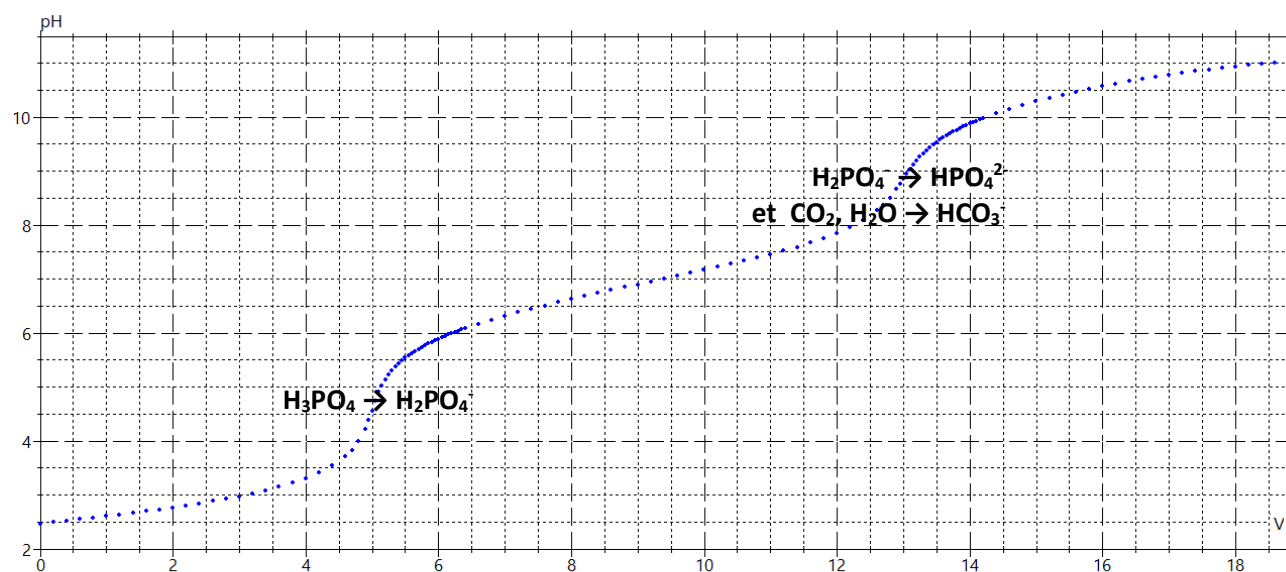
Le premier saut de pH, vers  $V = 5 \text{ mL}$ , correspond à l'acide phosphorique seul, car il n'y a pas d'autre acide aussi fort.

Par contre, le deuxième saut, vers  $V = 13 \text{ mL}$ , correspond à la fois à la deuxième acidité de  $H_3PO_4$ , au  $CO_2$  ( $pK_a = 6,4$ ) et éventuellement à l'acidité de composés organiques présents dans les extraits végétaux, la formulation de ces derniers étant gardée secrète. Cette deuxième neutralisation nécessite donc un plus grand volume que la première, et serait exactement identique à la première si l'acide phosphorique était le seul acide en solution. Notons que si le Coca n'a pas été correctement décarboniqué, les volumes équivalents sont éventuellement différents : en effet, une grande quantité de dioxyde de carbone pourrait être dosée avec la deuxième acidité de l'acide phosphorique.

## Document 2. Simulations



Simulation du dosage pH-métrique d'une solution d'acide phosphorique à 0,005 mol/L par une solution de  $\text{HO}^-$  à 0,01 mol/L.



Simulation du dosage pH-métrique par une solution de  $\text{OH}^-$  (à 0,001 mol/L) d'une solution d'acide phosphorique (à 0,005 mol/L) contenant également du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  dissous.

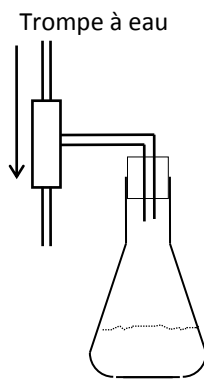
On remarque que même en présence de  $\text{CO}_2$  dissous (et/ou d'autres acides faibles inconnus) la première équivalence du dosage (ici pour  $V = 5 \text{ mL}$ ) n'est pas modifiée. En effet le dosage de la première acidité du  $\text{CO}_2$  ( $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^-$ ) n'intervient qu'avec la seconde acidité de l'acide phosphorique.

### Document 3. Décarbonation d'une boisson gazeuse.

Les boissons gazeuses contiennent du dioxyde de carbone dissous ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) qu'il convient d'éliminer pour doser les autres acides éventuellement présents. Deux méthodes sont utilisables.

#### 1) tirage sous vide

Il y a un équilibre chimique entre le  $\text{CO}_2$  (gaz) dans l'atmosphère et le  $\text{CO}_2$  dissous dans la solution ; si la pression partielle du  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère diminue l'équilibre se déplace : le  $\text{CO}_2$  sort de la solution. C'est l'effet obtenu grâce à la trompe à eau qui crée une dépression dans l'erlenmeyer.



#### 2) extraction par une colonne à reflux

La solubilité des gaz dans l'eau diminue avec la température (contrairement à celle de la plupart des solides). En chauffant la solution on peut donc extraire le gaz carbonique dissous.

Le ballon devant rester ouvert, la colonne à reflux permet (par refroidissement grâce à un courant d'eau froide) de ramener la vapeur d'eau dans la solution afin de ne pas perturber sa concentration.

