

# De la composition d'un soda à sa consommation (Bac S – Métropole - juin 2015)

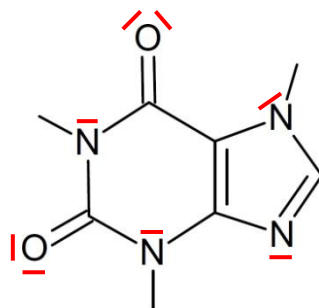
Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie  
© <http://b.louchart.free.fr>

## 1. La caféine

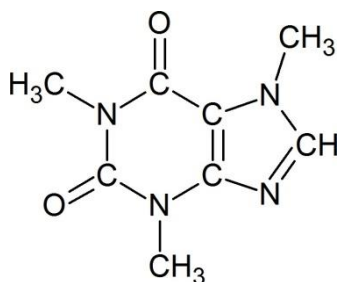
### 1.1.

- atome N :  $Z = 7$   
7 électrons  
structure électronique :  $(K)^2(L)^5$   
 $\Rightarrow$  nombre de doublets liants auquel il participe :  $8 - 5 = 3$   
nombre de doublets non liants :  $\frac{5-3}{2} = 1$
  
- atome O :  $Z = 8$   
8 électrons  
structure électronique :  $(K)^2(L)^6$   
 $\Rightarrow$  nombre de doublets liants auquel il participe :  $8 - 6 = 2$   
nombre de doublets non liants :  $\frac{6-2}{2} = 2$

- On obtient donc :



- ### 1.2. Faisons apparaître tous les atomes :



La formule brute est donc :  $C_8H_{10}N_4O_2$

1.3. D'après les données, 2 canettes de soda de 33 cL contiennent 75 mg de caféine.

La concentration molaire de la caféine est donc :

$$C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} = \frac{75 \times 10^{-3}}{194,0 \times (2 \times 33) \times 10^{-2}} = 5,9 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

## 2. L'acide benzoïque

2.1. Dans l'étape (a), l'eau est un réactif. La présence d'eau est donc obligatoire.

Il est donc impossible de remplacer la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (dont le solvant est l'eau) par des pastilles d'hydroxyde de sodium, qui ne contiennent pas d'eau.

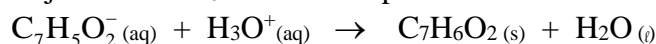
2.2. Les étapes correspondant à l'étape (a) de la synthèse de l'acide benzoïque sont les étapes □ et ②.

2.3. Le chauffage permet de diminuer la durée de la réaction, la température étant un facteur cinétique. Le réfrigérant permet de liquéfier les vapeurs qui se dégagent. Le liquide redescend alors dans le ballon. Cela permet ainsi d'éviter que des espèces chimiques s'échappent du montage.

2.4.

▪ Opération ④ :

L'ajout d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  en excès permet d'obtenir de l'acide benzoïque :



Le fait de faire cette opération à froid permet de faire cristalliser plus d'acide benzoïque : en effet, d'après les données, la solubilité de l'acide benzoïque diminue avec la température ( $3,4 \text{ g.L}^{-1}$  à  $25^\circ\text{C}$  et  $1,7 \text{ g.L}^{-1}$  à  $0^\circ\text{C}$ )

▪ Opération ⑤ :

La filtration sur Büchner permet de récupérer l'acide benzoïque (solide) en le séparant du liquide.

▪ Opération ⑥ :

Le passage à l'étuve permet de sécher les cristaux en éliminant l'eau encore présente.

2.5. Pour l'opération ⑥, il faut choisir pour l'étuve une température inférieure à la température de fusion de l'acide benzoïque ( $122,4^\circ\text{C}$ ), pour que l'acide benzoïque ne fonde pas.

2.6. Pour vérifier la pureté du produit obtenu, on peut utiliser plusieurs techniques, par exemple :

- la chromatographie sur couche mince (CCM)
- la vérification de la température de fusion du solide obtenu avec un banc Kofler ( $122,4^\circ\text{C}$  si le solide est pur).

2.7.

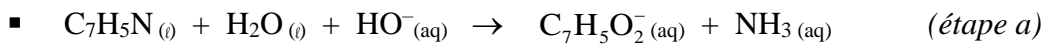
▪ Calculons les quantités initiales de réactifs introduits :

On note  $V_1$  le volume de benzonitrile et  $V_2$  le volume de solution d'hydroxyde de sodium.

$$n_i(\text{C}_7\text{H}_5\text{N}) = \frac{m_i(\text{C}_7\text{H}_5\text{N})}{M(\text{C}_7\text{H}_5\text{N})} = \frac{\rho V_1}{M(\text{C}_7\text{H}_5\text{N})} = \frac{1,01 \times 2,0}{103,4} = 0,020 \text{ mol}$$

$$n_i(\text{HO}^-) = cV_2 = \frac{c_m V_2}{M} = \frac{100 \times 24 \times 10^{-3}}{40,00} = 0,060 \text{ mol}$$

L'eau étant le solvant de la solution d'hydroxyde de sodium ajoutée, on pourra considérer que l'eau a été introduite en excès.

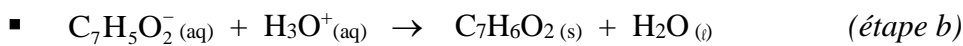


$$\frac{n_i(\text{C}_7\text{H}_5\text{N})}{1} < \frac{n_i(\text{HO}^-)}{1}, \text{ donc } \text{C}_7\text{H}_5\text{N} \text{ est le réactif limitant.}$$

D'après cette équation,  $n_{\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^- \text{ formés}} = n_{\text{C}_7\text{H}_5\text{N} \text{ ayant réagi}}$

De plus, la transformation étant totale,  $n_{\text{C}_7\text{H}_5\text{N} \text{ ayant réagi}} = n_{\text{C}_7\text{H}_5\text{N} \text{ initial}}$

$$\Rightarrow n_{\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^- \text{ formés}} = n_{\text{C}_7\text{H}_5\text{N} \text{ initial}} = 0,020 \text{ mol}$$



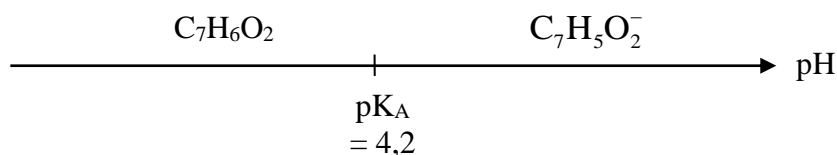
Les ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  ayant été ajoutés en excès, c'est donc  $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^-$  qui est le réactif limitant.

D'après cette équation,  $n_{\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2 \text{ formés}} = n_{\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^- \text{ ayant réagi}}$

De plus, la transformation étant totale,  $n_{\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^- \text{ ayant réagi}} = n_{\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^- \text{ au début de l'étape b}}$

$$\Rightarrow n_{\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2 \text{ formés}} = n_{\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^- \text{ au début de l'étape b}} = 0,020 \text{ mol}$$

2.8.



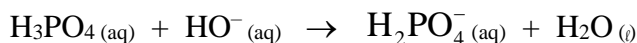
Le pH de la boisson étudiée est égal à 2,5.

$\text{pH} < \text{pK}_A \Rightarrow$  c'est bien l'acide benzoïque  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$  qui prédomine par rapport à l'ion benzoate  $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^-$

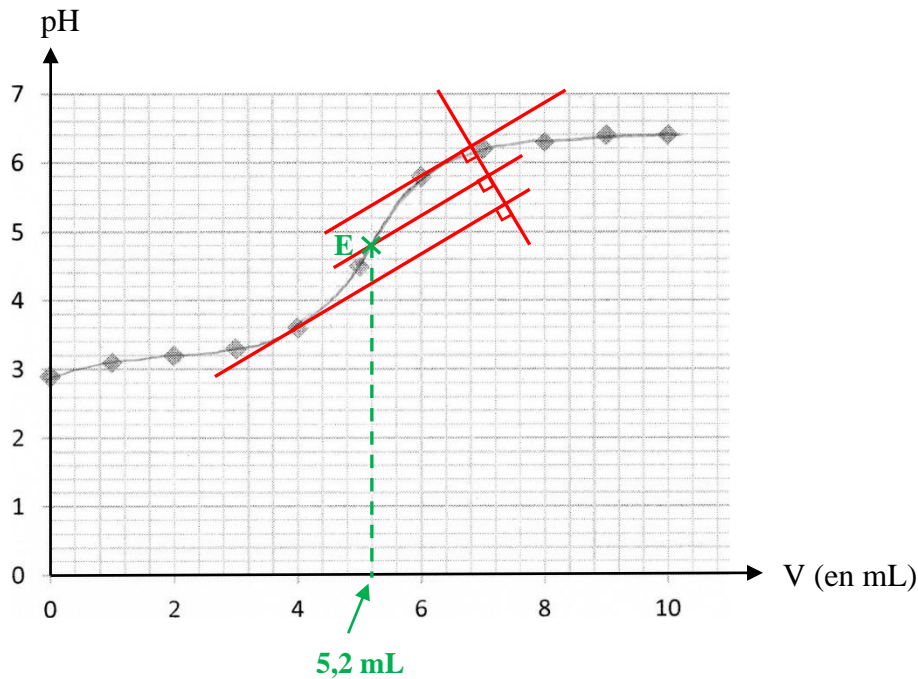
### 3. L'acide phosphorique

a) Détermination de la quantité d'acide phosphorique pour 10 mL de boisson dégazée :

■ L'équation de la réaction de titrage est :



- À l'aide du tableau de mesures, traçons la courbe  $\text{pH} = f(V)$ , puis déterminons le volume équivalent à l'aide de la méthode des tangentes.



On obtient  $V_{\text{éq}} = 5,2 \text{ mL}$

- À l'équivalence, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage.

$$\Rightarrow \frac{n_{\text{HO}^- \text{ ajouté à l'équivalence}}}{1} = \frac{n_{\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ initial}}}{1}$$

$$\Rightarrow n_{\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ initial}} = C \times V_{\text{éq}} = 1,0 \times 10^{-2} \times 5,2 \times 10^{-3} = 5,2 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

b) Détermination de la quantité d'acide phosphorique pour 1,5 L de boisson dégazée

Pour un volume  $V = 10,0 \text{ mL}$  de soda dégazé, la quantité d'acide phosphorique est  $5,2 \times 10^{-5} \text{ mol}$ .

Donc pour un volume de 1,5 L (150 fois plus grand), la quantité d'acide phosphorique est :

$$n' = 150 \times 5,2 \times 10^{-5} = 7,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

c) Détermination de la masse d'acide phosphorique pour 1,5 L de boisson dégazée

$$m = n' \times M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7,8 \times 10^{-3} \times 98,0 = 0,76 \text{ g}$$

$$\text{car } M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3 \times M(\text{H}) + M(\text{P}) + 4 \times M(\text{O}) = 3 \times 1,00 + 31,0 + 4 \times 16,0 = 98,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

d) Détermination du nombre de bouteilles de soda par jour pour atteindre la DJA en acide phosphorique

La DJA pour un adulte en ce qui concerne l'acide phosphorique est de  $70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ .

Considérons une personne de masse  $m = 70 \text{ kg}$ .

La masse maximale d'acide phosphorique qu'elle peut absorber par jour est donc :

$$m_{\text{max}} = 70 \times 70 = 4900 \text{ mg} = 4,9 \text{ g}$$

Le nombre de bouteilles de soda par jour pour atteindre la DJA en acide phosphorique est donc :

$$N = \frac{m_{\text{max}}}{m} = \frac{4,9}{0,76} = 6,4 \text{ bouteilles}$$