

TS	Chimie Spécialité	Dosage des ions chlorure dans une poudre de lait (d'après un sujet de baccalauréat)	Exercice résolu
----	----------------------	--	-----------------

- Énoncé -

Voici une partie d'une étiquette d'un lait en poudre :

	Protéines	Glucides	Lipides	Sels minéraux
Analyse moyenne pour 100 g de lait en poudre	16,0 g	Lactose : 24,0 g Maltose : 33,0 g	21,0 g	Sodium : 250 mg Potassium : 750 mg Chlorure : 505,05 mg Calcium : 610 mg

Masse molaire atomique du chlore : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

L'étiquette indique la présence de glucides et d'ions chlorure. On se propose de mettre en évidence les glucides en faisant la chromatographie du lait étudié, puis de doser les ions chlorure présents pour vérifier l'indication correspondante de l'étiquette.

A. Etude des glucides : chromatographie du lait

On réalise la chromatographie sur couche mince (CCM) de solutions de différents glucides et du lait étudié.

1. Quel est l'objectif d'une CCM ?
2. On a représenté, sur la figure 1, la plaque de chromatographie en début d'expérience (l'emplacement de chaque point numéroté correspond au dépôt d'une goutte de solution). La figure 2 représente trois propositions de chromatogramme en fin d'éluion et après révélation.

Figure 1

Dépôt 1 : glucose
Dépôt 2 : maltose
Dépôt 3 : fructose
Dépôt 4 : lactose
Dépôt 5 : lait

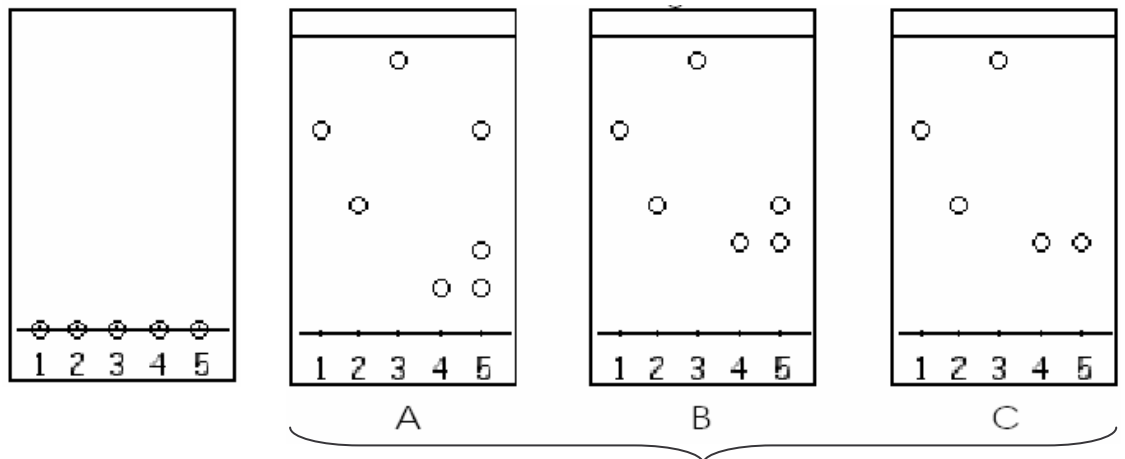


Figure 2

Quel chromatogramme est en cohérence avec les indications de l'étiquette ?

B. Etude des ions chlorure

1. Principe de la méthode de Charpentier-Vohlard

On dose les ions chlorure présents dans la poudre de lait par la méthode de Charpentier-Vohlard. Cette méthode comporte les étapes suivantes :

- A une masse de poudre de lait que l'on dissout dans l'eau distillée, on ajoute une solution de nitrate d'argent en excès. Il se forme un précipité blanc de chlorure d'argent.
- Les ions argent qui n'ont pas précipité sont dosés par une solution de thiocyanate d'ammonium ($\text{NH}_4^+_{(\text{aq})} + \text{SCN}^-_{(\text{aq})}$) en milieu acide. Il y a formation d'un précipité blanc de thiocyanate d'argent $\text{AgSCN}_{(\text{s})}$.
- La fin de la précipitation est mise en évidence en utilisant de l'alun de fer dont les ions fer (III) forment un complexe rouge $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ avec les ions thiocyanate.

a) Écrivez les équations des deux réactions où interviennent les ions argent en précisant celle qui est support du dosage des ions excédentaires.

b) Dans ce dosage, quelle est la fonction de l'alun de fer ?

2. Protocole opératoire

Une masse $m = 2,50$ g de poudre de lait, dissoute dans 25 mL d'eau distillée, a été traitée avec un $V = 20,0$ mL d'une solution de nitrate d'argent de concentration molaire $C = 5,00 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹ en soluté apporté. Le dosage des ions argent en excès a été effectué avec une solution de thiocyanate d'ammonium en milieu acide, de concentration $C' = 4,00 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹ en soluté apporté. L'équivalence a été obtenue pour un volume $V_E = 15,9$ mL de solution de thiocyanate d'ammonium versé.

a) Est-il nécessaire de mesurer les 25 mL d'eau distillée avec une grande précision ?

b) Quelle verrerie faut-il utiliser pour prélever le volume V de solution de nitrate d'argent ?

3. Exploitation des résultats

a) Exprimez la quantité de matière $n(\text{Ag}^+)_0$ en ions argent introduits initialement.

b) Exprimez la quantité de matière $n(\text{Ag}^+)_{\text{excès}}$ en ions argent restant en solution après l'ajout de la solution de nitrate d'argent en fonction de C , V et de la quantité de matière initiale $n(\text{Cl}^-)_0$ en ions chlorure dans la poudre de lait.

c) Exprimez également la quantité de matière $n(\text{Ag}^+)_{\text{excès}}$ en ions argent en utilisant les résultats du dosage.

d) En déduire la masse m_1 d'ions chlorure présents dans la masse de m de poudre de lait.

e) En déduire la masse m_2 d'ions chlorure présents dans la masse $m' = 100$ g de poudre de lait.

f) Comparez m_2 avec l'indication de l'étiquette en exprimant l'écart relatif e en pourcentage :

$$e = \left| \frac{\text{valeur}_{\text{attendue}} - \text{valeur}_{\text{expérimentale}}}{\text{valeur}_{\text{attendue}}} \right|$$

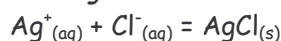
- CORRIGE -

A. 1. Quel est l'objectif d'une CCM ?

Une chromatographie sur couche mince permet de séparer et d'identifier les constituants d'un mélange.

2. Quel chromatogramme est en cohérence avec les indications de l'étiquette

Le lait doit contenir du lactose et du maltose. La chromatographie du lait doit donc révéler 2 taches : une au niveau de la tache du maltose et une au niveau de la tache du lactose. Le seul chromatogramme qui répond à cette double condition est le **chromatogramme B**.

B. 1. a) Écrivez les équations des deux réactions où interviennent les ions argent en précisant celle qui est support du dosage des ions excédentaires.**b) Dans ce dosage, quelle est la fonction de l'alun de fer ?**

L'alun de fer, par l'intermédiaire des ions fer (III) sert d'indicateur de fin de réaction : les ions $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ réagissent avec les ions thiocyanate lorsqu'il n'y a plus d'ions argent.

2. a) Est-il nécessaire de mesurer les 25 mL d'eau distillée avec une grande précision ?

Le dosage permet de mesurer la quantité de matière d'ions chlorure présents dans la masse m de poudre de lait. Cette quantité est indépendante du volume d'eau distillée qui permet de la dissoudre.

b) Quelle verrerie faut-il utiliser pour prélever le volume V de solution de nitrate d'argent ?

Ce volume sera prélevé avec une pipette jaugée de 20,0 mL.

3. a) Exprimez la quantité de matière $n(\text{Ag}^+)_{\text{o}}$ en ions argent introduits initialement.

$$n(\text{Ag}^+)_{\text{o}} = C \cdot V$$

b) Exprimez la quantité de matière $n(\text{Ag}^+)_{\text{excès}}$ en ions argent restant en solution après l'ajout de la solution de nitrate d'argent en fonction de C , V et de la quantité de matière initiale $n(\text{Cl}^-)_{\text{o}}$ en ions chlorure dans la poudre de lait.

$$n(\text{Ag}^+)_{\text{excès}} = C \cdot V - n(\text{Cl}^-)_{\text{o}}$$

c) Exprimez également la quantité de matière $n(\text{Ag}^+)_{\text{excès}}$ en ions argent en utilisant les résultats du dosage.

$$n(\text{Ag}^+)_{\text{excès}} = n(\text{SCN}^-)_{\text{E}} = C' \cdot V_{\text{E}}$$

d) En déduire la masse m_1 d'ions chlorure présents dans la masse m de poudre de lait.

$$C \cdot V - n(\text{Cl}^-)_{\text{o}} = C' \cdot V_{\text{E}} \quad \text{avec} \quad n(\text{Cl}^-)_{\text{o}} = \frac{m_1}{M(\text{Cl})} \Rightarrow \frac{m_1}{M(\text{Cl})} = C \cdot V - C' \cdot V_{\text{E}} \Rightarrow m_1 = (C \cdot V - C' \cdot V_{\text{E}}) \cdot M(\text{Cl})$$

$$\text{Soit : } m_1 = [1,00 \times 10^{-3} - (4,00 \times 10^{-2} \times 15,9 \times 10^{-3})] \times 35,5 = 1,29 \times 10^{-2} \text{ g}$$

e) En déduire la masse m_2 d'ions chlorure présents dans la masse $m' = 100 \text{ g}$ de poudre de lait.

$$m' = 40 \cdot m \Rightarrow m_2 = 40 \cdot m_1 \quad \text{soit} \quad m_2 = 40 \times 1,29 \times 10^{-2} = 5,16 \times 10^{-1} \text{ g}$$

f) Comparez m_2 avec l'indication de l'étiquette en exprimant l'écart relatif e en pourcentage :

$$e = \left| \frac{505,05 - 516}{505,05} \right| = 2,17 \times 10^{-2} \text{ ou } 2,17\%$$