

**Contexte :****Un robot de traite des vaches**

Le premier robot de traite a été mis en service en 1992. Depuis leur nombre dans les exploitations croît exponentiellement, principalement en Europe. Il libère du temps pour l'éleveur et rend son travail moins pénible. Les études montrent que les animaux sont plus calmes et il n'a pas été mis en évidence d'effets négatifs sur leur bien-être. Cependant, on constate une augmentation des mammites (inflammation des mamelles de l'animal) dans certaines exploitations utilisant un robot de traite. C'est d'ailleurs sur ce point que des progrès techniques sont attendus pour les robots du futur.

*Vous êtes en stage dans l'entreprise Traite-Rob afin de participer au développement de leur prochain robot de traite. Vous vous intéresserez particulièrement au système de détection automatique des mammites.*

**Document 1** : Mammite et robot de traite

L'absence de présence humaine lors de la traite peut poser problème pour le suivi sanitaire du troupeau : surveillance des boitements, des blessures aux trayons, des mamelles enflées ou des grumeaux dans le lait synonyme de mammites. Le robot est donc équipé de capteurs aidant à cette surveillance.

Lorsqu'une vache est atteinte de mammite, les lésions de certaines cellules mammaires provoquent une augmentation du nombre d'ions chlorure et sodium présents dans le lait et donc de sa conductivité. Chaque robot est ainsi équipé d'un système de détection des mammites par mesures de conductivité du lait au moment de la traite. Ces mesures sont traitées par un algorithme, propre à chaque fabricant, qui permet de déterminer si la vache est atteinte de mammite ou non. Si c'est le cas, le robot alerte l'éleveur sur son écran ordinateur qu'il faut traiter l'animal.

*D'après le livre : Le robot de traite: aspects techniques et économiques Editions Quae, 2002*

**Document 2** : Extrait d'une norme pour le lait

Dans le lait frais normal, la concentration massique en ions chlorure est comprise entre  $0,8 \text{ g.L}^{-1}$  et  $1,3 \text{ g.L}^{-1}$ . Pour un « lait de mammite », cette concentration est égale ou supérieure à  $1,4 \text{ g.L}^{-1}$ .

**Document 3** : Dosage des ions chlorure dans le laitPrincipe du titrage :

Les ions chlorure sont titrés par une solution  $S_0$  de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$ ) de concentration  $C_0 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Les ions argent réagissent avec les ions chlorure pour former un précipité de chlorure d'argent  $\text{AgCl}(\text{s})$ . Cette réaction est rapide et totale. Le titrage est suivi par conductimétrie.

Protocole expérimental :

Diluer 4 fois le lait. Cette solution diluée de lait est notée  $S_d$ . Doser un volume  $V_d = 10,0 \text{ mL}$  de solution  $S_d$ .

- Remplir une burette graduée avec la solution titrante  $S_0$ .
- Verser un volume  $V_d = 10,0 \text{ mL}$  de solution diluée de lait  $S_d$  dans un bécher de  $250 \text{ mL}$  et ajouter environ  $100 \text{ mL}$  d'eau distillée.
- Mettre sous agitation magnétique, placer la cellule conductimétrique dans le bécher, puis ajouter de l'acide nitrique à  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ , goutte par goutte, jusqu'à ce que la conductivité soit comprise entre  $300$  et  $400 \mu\text{S.cm}^{-1}$  (il faut en général moins de 10 gouttes).
- Cette opération a pour but de faire précipiter les protéines du lait qui pourraient perturber le titrage en réagissant avec les ions argent.
- Mener le dosage pour représenter graphiquement la conductivité ( $\sigma$ ) en fonction du volume de solution titrante versée.
- Déterminer, graphiquement, le volume versé à l'équivalence, noté  $V_E$ .

Données :

Masses molaires (en  $\text{g.mol}^{-1}$ ) : H : 1,00 C : 12,0 N : 14,0 O : 16,0 Na : 23,0 Cl : 35,5 Ag : 107,9  
 Conductivités molaires ioniques ( $\times 10^{-4} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ ) :  $\text{Ag}^+$  : 61,9 /  $\text{NO}_3^-$  : 71,4 /  $\text{Cl}^-$  : 76,3

#### Document 4 : Caractéristiques de quelques composés chimiques

Les pictogrammes tiennent compte des concentrations des solutions mises à disposition en conformité avec la réglementation européenne CLP (Classification Labelling Packaging of substances and mixtures)

Acide nitrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$ ) à $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$	
Solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ ) à $1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	

Au cours de cette étude, vous vous reporterez systématiquement au document 4 pour manipuler avec toutes les précautions nécessaires.

#### 1 Définition de l'objectif de l'étude

Le dernier né des robots de traite de l'entreprise Traite-Rob, en phase de test, est en service dans la ferme expérimentale de l'entreprise.

Dans le cadre de votre stage, vous devez évaluer la fiabilité de la détection des mammites par ce robot de traite.

Ce matin, le robot a envoyé un message stipulant que la vache n°0513 est atteinte de mammite. Vous devez donc vérifier si cette vache est effectivement atteinte de mammite...

- Q1.** Que proposez-vous de faire pour savoir si le système de détection des mammites du robot a été efficace dans le cas de la vache 0513 ?
- Q2.** Ecrire l'équation de la réaction mise en œuvre.

#### 2 Contrôle de qualité du lait

- Q3.** Réaliser la solution  $S_d$  de lait diluée 4 fois.
- Q4.** La conductivité de cette solution est-elle différente si on augmente :  
- La concentration de la solution en gardant le volume de cette solution constant ?  
- Le volume de la solution en gardant la concentration de la solution constante ? Justifier.
- Q5.** Expliquer alors l'ajout de 100 mL d'eau dans le protocole du dosage.
- Q6.** Mettre en place le dispositif de titrage et réaliser le titrage.
- Q7.** Entrer les valeurs numériques dans le tableur puis afficher la courbe  $\sigma = f(V)$ .
- Q8.** Déterminer le volume versé à l'équivalence  $V_E$ . Justifier.
- Q9.** Indiquer sans justifier, parmi les espèces suivantes  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ag}^+$  et  $\text{Cl}^-$ , celles qui sont présentes dans la solution :  
- pour un volume versé  $V$  inférieur au volume versé à l'équivalence  $V_E$  ?  
- pour un volume versé  $V$  égal au volume versé à l'équivalence  $V_E$  ?  
- pour un volume versé  $V$  supérieur au volume versé à l'équivalence  $V_E$  ?
- Q10.** Expliquer l'allure du graphique obtenu en précisant le rôle des différentes espèces chimiques présentes.
- Q11.** Exploiter le titrage afin de déterminer la concentration molaire en ions chlorure  $C_d$  de la solution diluée  $S_d$  puis celle du lait, notée  $C$ .
- Q12.** Calculer la concentration massique en ions chlorures  $C_m$  du lait.
- Q13.** Le protocole du document 3 permet de déterminer la concentration massique  $C_m$  en ions chlorure avec une précision relative de 5%, c'est-à-dire que :  $\frac{V(C_m)}{C_m} = 5\%$ .
- En déduire l'incertitude sur la concentration massique déterminée en **Q7** et écrire le résultat de la mesure sous forme d'un encadrement.
- Q14.** Conclure, en justifiant, si la vache 0513 est atteinte de mammite ou non.
- Q15.** Le système de détection des mammites du robot est-il fiable ?