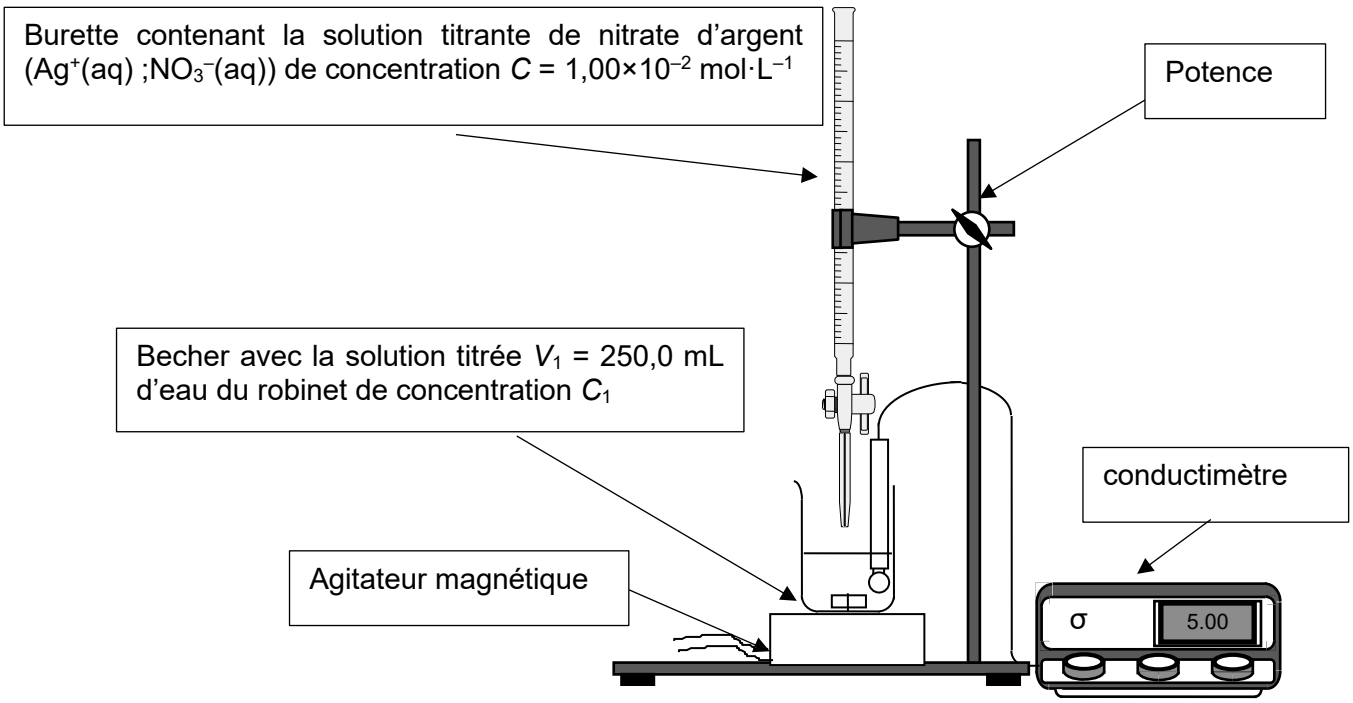
Bac 2026 Métropole Jour 2 **Correction © https://www.labolycee.org**

Exercice 1 – Le kéfir de fruit (9 points)

1. Détermination de la concentration des ions chlorure présents dans l'eau du robinet

Q1.



Q2.

```
4       V1=250.0        # Volume de solution titrée en mL
5       C=1E-2          # Concentration de la solution titrante en mol/L
```

Q3. À l'équivalence les réactifs sont mélangés dans les proportions stœchiométriques de l'équation support du titrage donc $n\left(Ag^+\right)_{versée} = n\left(C\ell^-\right)_{initiale}$

$$C \cdot V_E = C_1 \cdot V_1$$

$$\text{ainsi } V_E = \frac{C_1 \cdot V_1}{C}$$

```
7       VE=C1*V1/C      # Calcul du volume à l'équivalence en mL
```

Q4.

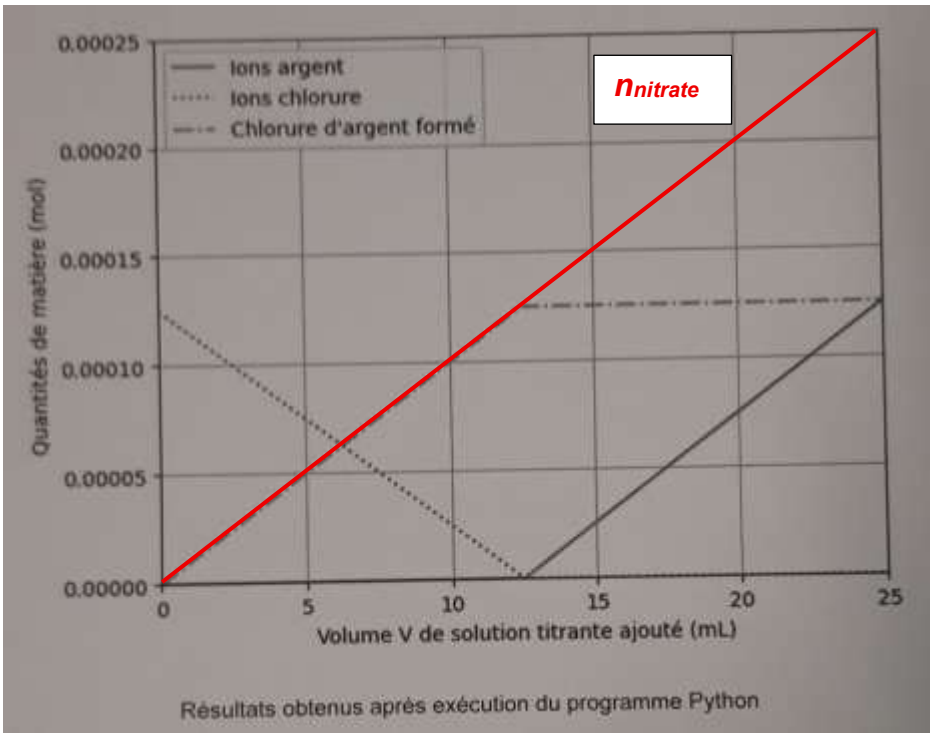
Pour $V = 0$, il n'y a pas encore de AgCl formé donc nproduit = 0 mol.
Pour $V = V_E$, d'après l'équation support du titrage, il s'est formé autant de AgCl(s) que l'on a versé de Ag^+ donc nproduit = $C \cdot V_E$
Pour $V = V_{max}$, au-delà de l'équivalence les ions chlorure ont été totalement consommés, il ne se forme pas plus de AgCl(s). Il y a toujours nproduit = $C \cdot V_E$
Il faut penser à convertir les volumes de mL en L en multipliant par 10^{-3}.

```
15      nproduit=[0,C*VE*0.001,C*VE*0.001]
```

Q5. Les ions nitrate sont spectateurs, leur quantité ne cesse d'augmenter $n = C \cdot V$
$n = 1{,}00 \times 10^{-2} \times V \times 10^{-3}$

exemple
pour $V = 10$ mL

$n = 1{,}00 \times 10^{-2} \times 10 \times 10^{-3}$
$n = 0{,}0001$ mol



Résultats obtenus après exécution du programme Python

Q6. Le volume de solution titrante étant faible face au volume de solution titrée V_1, on considère que le volume du milieu réactionnel est constant.
Avant l'équivalence :
À chaque fois qu'un ion Ag^+ est versé, il est immédiatement consommé et ne contribue pas à la variation de conductivité. Et il réagit avec un ion Cl^- qui est alors consommé.
De plus un ion nitrate est apporté et reste en solution sans réagir.
La quantité de matière d'ions chlorure diminue et la quantité de matière d'ions nitrate augmente.
Tout se passe comme si un ion nitrate remplaçait un ion chlorure.
Or la conductivité molaire ionique des ions nitrate est légèrement plus faible que celle des ions chlorure.
La conductivité diminue légèrement.

Au-delà de l'équivalence :
Il n'y a plus d'ions chlorure.
Les ions Ag^+ et NO_3^- sont ajoutés et ne réagissent plus. Il contribue à l'augmentation de la conductivité.

Q7. On reprend le raisonnement précédent, à l'équivalence les réactifs sont mélangés dans les proportions stœchiométriques de l'équation support du titrage
donc $n\left(Ag^+\right)_{versée} = n\left(C\ell^-\right)_{initiale}$

$C \cdot V_E = C_1 \cdot V_1$

$$C_1 = \frac{C \cdot V_E}{V_1}$$

La concentration en masse $C_{1m} = C_1 \cdot M(Cl)$ (g/L = mol/L × g/mol)

$$C_{1m} = \frac{C \cdot V_E}{V_1} \cdot M(Cl)$$

Sur la figure 2, on détermine les coordonnées du point d'intersection des deux droites modélisant l'évolution de la conductivité. On lit $V_E = 10{,}8$ mL.

$\frac{1E\text{-}2*10.8}{250}*35.5$

1.5336E-2

$$C_{1m} = \frac{1{,}00\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\times10{,}8\ \text{mL}}{250{,}0\ \text{mL}}\times35{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1} = 1{,}53\times10^{-2}\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

Cette concentration est largement inférieure à la teneur maximale de 2 $g\cdot L^{-1}$ ainsi l'eau du robinet peut être utilisée pour réaliser du kéfir.

2. Évolution de la cinétique de la réaction de fermentation

Q8. L'équation de la réaction montre qu'il se forme du dioxyde de carbone gazeux. On aurait pu suivre la cinétique à l'aide d'un capteur de pression, la réaction se faisant dans un récipient clos.

Q9. Quantité de matière de glucose restante = quantité de matière initiale – quantité de matière consommée.

$n_{glu}(t) = n_{glu}(t_0) - n_{glu}$ consommée

D'après l'équation de la réaction il se forme deux moles d'éthanol quand il disparait une mole de glucose, ainsi $n_{glu}\,consommée = \frac{n_{éth}}{2}\,formée$

$n_{glu}(t) = n_{glu}(t_0) - \frac{n_{éth}}{2}\,formée$

Comme $n = C\cdot V$ alors $n_{glu}(t) = n_{glu}(t_0) - \frac{C_{éth}(t)\cdot V_{Boisson}}{2}$

Q10. $v_{disp} = -\frac{dC_{glu}(t)}{dt}$

S'il s'agit d'une cinétique d'ordre 1, alors cette vitesse est proportionnelle à la concentration.

$v_{disp} = k\cdot C_{glu}(t)$

On obtient alors $-\frac{dC_{glu}(t)}{dt} = k\cdot C_{glu}(t)$, ce qui revient bien à $\frac{dC_{glu}(t)}{dt} + k\cdot C_{glu}(t) = 0$.

Q11. On introduit l'expression de la solution dans l'équation $\frac{dC_{glu}(t)}{dt} + k\cdot C_{glu}(t)$ et l'on doit vérifier que cela conduit à la valeur de zéro.

$$\frac{d\left(C_{glu}(0)\cdot e^{-k\cdot t}\right)}{dt} + k\cdot C_{glu}(0)\cdot e^{-k\cdot t} = -k.C_{glu}(0)\cdot e^{-k\cdot t} + k\cdot C_{glu}(0)\cdot e^{-k\cdot t} = 0$$

La solution proposée convient.

Q12. $C_{glu}(t) = C_{glu}(0)\cdot e^{-k\cdot t}$

$$ln\left(C_{glu}(t)\right) = ln\left(C_{glu}(0)\cdot e^{-k\cdot t}\right)$$

$$ln\left(C_{glu}(t)\right) = ln\left(C_{glu}(0)\right) + ln\left(e^{-k\cdot t}\right)$$

$$ln\left(C_{glu}(t)\right) = ln\left(C_{glu}(0)\right) - k\cdot t$$

Il s'agit d'une fonction affine en accord avec la droite modélisée sur la figure 3.

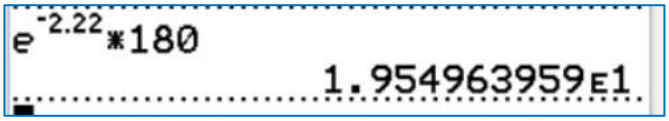
Q13. $\ln C_{glu} = -5{,}34\times10^{-6}\times t - 2{,}22$

Par analogie avec $ln\left(C_{glu}(t)\right) = ln\left(C_{glu}(0)\right) - k\cdot t$, on en déduit que $\ln(C_{glu}(0)) = -2{,}22$

Ainsi $C_{glu}(0) = e^{-2{,}22}$.

$$C_{glu}(0) = \frac{n_{glu}(0)}{V_{Boisson}} = \frac{\dfrac{m_{glu}(0)}{M(C_6H_{12}O_6)}}{V_{Boisson}} = \frac{m_{glu}(0)}{M(C_6H_{12}O_6)\cdot V_{Boisson}}$$

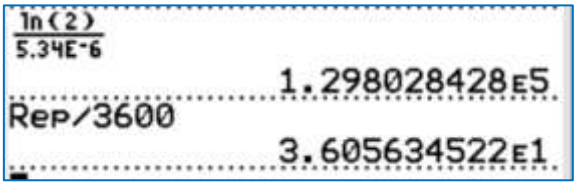
Donc $m_{glu}(0) = C_{glu}(0)\cdot V_{Boisson}\cdot M(C_6H_{12}O_6)$
On raisonne pour un volume de boisson de 1 L.
$m_{glu}(0) = e^{-2,22} \times 1,00 \times 180,0 = 19,5$ g



La masse de glucose réellement utilisée était égale à 20 g. Cette donnée ne comporte que peu de chiffres significatifs et est donc compatible avec la valeur de 19,5 g arrondie avec 2 C.S.

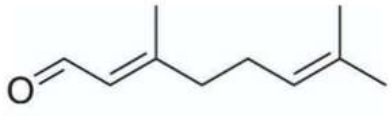
Q14. $t_{1/2} = \dfrac{ln\,2}{k}$ et d'après la modélisation précédentes $k = 5,34\times10^{-6}$ s^{-1}.

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{5,34\times10^{-6}} = 1,30\times10^{5}\,\text{s} = 36,1\ \text{h}$$

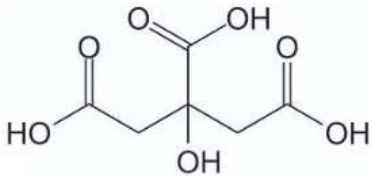


La recette indique qu'il faut laisser fermenter durant au moins 24h.
Au bout de 36h, la boisson contiendra deux fois moins de sucre qu'initialement.
Au bout de 72h, la boisson ne contiendra plus qu'un quart de la quantité de sucre initiale.
La recette pourrait peut-être préciser : « Consommer dans les 3 jours pour conserver un gout sucré agréable ».

3. Arôme de la boisson végétale de kéfir



Citral



Acide citrique

Figure 4. Formules topologiques du citral et de l'acide citrique

Données :

- données de spectroscopie infrarouge :

Liaison	O–H	C–H	C=C	C=O
Nombre d'onde (en cm^{-1})	3200 – 3700	2850 – 3100	1620 – 1680	1650 – 1730
Allure de la bande caractéristique	Forte et large	Forte	Faible et fine	Forte et fine

Q15. Le spectre B montre une bande forte et large entre 3200-3400 cm^{-1} qui caractérise la présence de liaisons O–H. Or seule la molécule d'acide citrique contient ces liaisons.
On en déduit que le spectre B correspond à l'acide citrique et que le spectre A correspond au citral.

- données de solubilité de différents composés présents dans le citron :

Espèce chimique	Solubilité dans l'eau	Solubilité dans l'acétate d'éthyle	Solubilité dans le cyclohexane
Limonène	Faible	Convenable	Grande
Citral	Très faible	Convenable	Grande
Acide citrique	Grande	Grande	Nulle

- miscibilité des différents solvants avec l'eau :

acétate d'éthyle	cyclohexane
faible	nulle

Q16. Le solvant extracteur doit être non miscible avec la solution aqueuse de kéfir, afin de distinguer deux phases et de pouvoir les séparer dans une ampoule à décanter.
Ainsi on élimine l'eau.
Seul l'acétate d'éthyle est capable de solubiliser les 3 espèces et il est faiblement miscible.
Le cyclohexane ne peut pas extraire l'acide citrique.

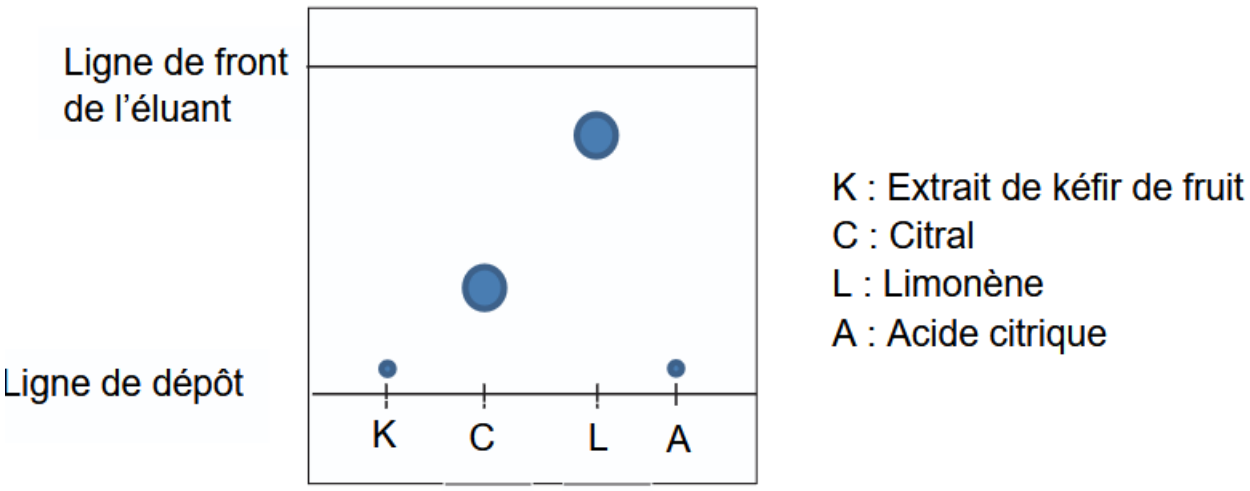


Figure 6. Schéma du chromatogramme obtenu

Q17. Lors d'une chromatographie une espèce migre toujours à la même hauteur.
L'extrait de kéfir ne montre qu'une seule tache, il ne contient qu'une seule espèce chimique.
Cette tache est à la même hauteur que celle de l'acide citrique donc le kéfir en contient.
Ainsi le gout acidulé est dû à la présence d'acide citrique.

Merci de nous signaler la présence éventuelle d'erreurs à labolycee@labolycee.org