

**CLASSE :** Terminale

**VOIE :** ☒ Générale

**DURÉE DE L'EXERCICE :** 1h45

**EXERCICE 1 :** 11 points

**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ :** PHYSIQUE-CHIMIE

**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒ Oui « type collègue »

**EXERCICE 1 Exploration du ciel profond par le télescope James Webb**

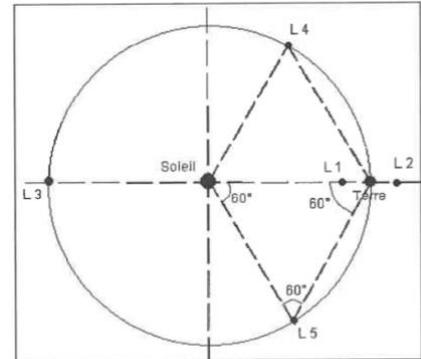


Figure 1. Les points de Lagrange.

**Q1.**

Au point de Lagrange L1, le télescope JWST est face au soleil et n'est donc pas à l'abri du rayonnement thermique du Soleil.

**Q2.**

Le télescope JWST est situé en L2. Dans cette position, le Soleil, la Terre et le télescope JWST sont alignés dans cet ordre.



$$D_{S-J} = D_{T-S} + D_{T-J}$$

$$D_{S-J} = 149,6 \times 10^6 + 1,511 \times 10^6$$

$$D_{S-J} = 1,511 \times 10^8 \text{ Km}$$

**Q3.**

$$F_{T-J} = G \times \frac{M_T \times m_J}{D_{T-J}^2}$$

$$F_{T-J} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,97 \times 10^{24} \times 6,17 \times 10^3}{(1,511 \times 10^6 \times 10^3)^2}$$

$$F_{T-J} = 1,08 \text{ N}$$

**Q4.**



**Q5.**

$$\vec{F} = \vec{F}_{T-J} + \vec{F}_{S-J}$$

$\vec{F}_{T-J}$  et  $\vec{F}_{S-J}$  sont dans le même sens :

$$F = F_{T-J} + F_{S-J}$$

$$F = 1,08 + 35,9$$

$$F = 1,08 + 35,9$$

$$F = 37,0 \text{ N}$$

**Q6.**

D'après l'énoncé :

$$F = G \times m_J \left( \frac{M_S}{D_{S-J}^2} + \frac{M_T}{D_{T-J}^2} \right)$$

et

$$F = G \times m_J \left( \frac{M_S}{D_{\text{eff}}^2} \right)$$

Par identification :

$$\frac{M_S}{D_{S-J}^2} + \frac{M_T}{D_{T-J}^2} = \frac{M_S}{D_{\text{eff}}^2}$$

$$D_{\text{eff}}^2 \times \left( \frac{M_S}{D_{S-J}^2} + \frac{M_T}{D_{T-J}^2} \right) = M_S$$

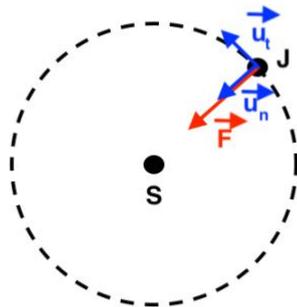
$$D_{\text{eff}}^2 = \frac{M_S}{\frac{M_S}{D_{S-J}^2} + \frac{M_T}{D_{T-J}^2}}$$

$$D_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{M_S}{\frac{M_S}{D_{S-J}^2} + \frac{M_T}{D_{T-J}^2}}}$$

$$D_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1,99 \times 10^{30}}{\frac{1,99 \times 10^{30}}{(1,511 \times 10^8 \times 10^3)^2} + \frac{5,97 \times 10^{24}}{(1,511 \times 10^6 \times 10^3)^2}}}$$

$$D_{\text{eff}} = 1,49 \times 10^{11} \text{ m}$$

**Q7.**



**Q8.**

D'après l'énoncé :

$$\vec{a} = a_n \vec{u}_n + a_t \vec{u}_t$$

Pour un mouvement circulaire, dans le repère de Frenet, le vecteur accélération est de la forme :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{D_{J-S}} \vec{u}_n + \frac{dv}{dt} \vec{u}_t$$

Par identification :

$$a_n = \frac{v^2}{D_{S-J}}$$

**Q9.**

$$\vec{F} = G \times \frac{m_J \times M_S}{D_{\text{eff}}^2} \vec{u}_n$$

Système : télescope JWST

Référentiel : Héliocentrique supposé galiléen.

D'après la 2<sup>nd</sup> loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m_J \vec{a}$$

$$\vec{F} = m_J \vec{a}$$

$$G \times \frac{m_J \times M_S}{D_{\text{eff}}^2} \vec{u}_n = m_J \vec{a}$$

$$\vec{a} = G \times \frac{M_S}{D_{\text{eff}}^2} \vec{u}_n$$

**Q10.**

$$\vec{a} = G \times \frac{M_S}{D_{\text{eff}}^2} \vec{u}_n$$

Pour un mouvement circulaire, dans le repère de Frenet, le vecteur accélération est de la forme :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{D_{J-S}} \vec{u}_n + \frac{dv}{dt} \vec{u}_t$$

L'accélération étant unique, par identification :

$$\frac{v^2}{D_{J-S}} = G \times \frac{M_S}{D_{\text{eff}}^2}$$

$$v^2 = G \times \frac{M_S \times D_{J-S}}{D_{\text{eff}}^2}$$

$$v = \sqrt{G \times \frac{M_S \times D_{J-S}}{D_{\text{eff}}^2}}$$

**Q11.**

La période de révolution est :

$$T = \frac{\text{Périmètre d'un cercle}}{\text{vitesse}} = \frac{2\pi \times D_{J-S}}{v} = \frac{2\pi \times D_{J-S}}{\sqrt{G \times \frac{M_S \times D_{J-S}}{D_{\text{eff}}^2}}} = 2\pi \times D_{J-S} \times \sqrt{\frac{D_{\text{eff}}^2}{G \times M_S \times D_{J-S}}}$$

$$T = 2\pi \times \sqrt{D_{S-J}^2 \times \frac{D_{\text{eff}}^2}{G \times M_S \times D_{J-S}}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{D_{J-S} \times D_{\text{eff}}^2}{G \times M_S}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{D_{J-S} \times D_{\text{eff}}^2}{G \times M_S}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{151,1 \times 10^6 \times 10^3 \times (1,49 \times 10^{11})^2}{6,67 \times 10^{-11} \times 1,99 \times 10^{30}}}$$

$$T = 3,16 \times 10^7 \text{ s}$$

$$T = \frac{3,16 \times 10^7}{60 \times 60 \times 24}$$

$$T = 365 \text{ J}$$

Le télescope JWST fait le tour du soleil en 365 jours soit une année.

La Terre et le télescope JWST ont la même période de révolution autour du Soleil.

Le Soleil, la Terre et le télescope JWST restent alignés dans cet ordre.

Ainsi, le télescope JWST demeure pendant toute l'année dans l'ombre portée de la Terre conformément à ce qui est dit dans l'énoncé.

**Q12.**

D'après l'énoncé : « Le télescope JWST est sensible aux longueurs d'onde comprises entre 0,6  $\mu\text{m}$  et 28  $\mu\text{m}$ . »

$$0,6 \mu\text{m} = 0,6 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$0,6 \mu\text{m} = 0,6 \times 10^{-6} \times 10^9 \text{ nm}$$

$$0,6 \mu\text{m} = 600 \text{ nm}$$

$$28 \mu\text{m} = 28 \times 10^{-6} \text{ m}$$

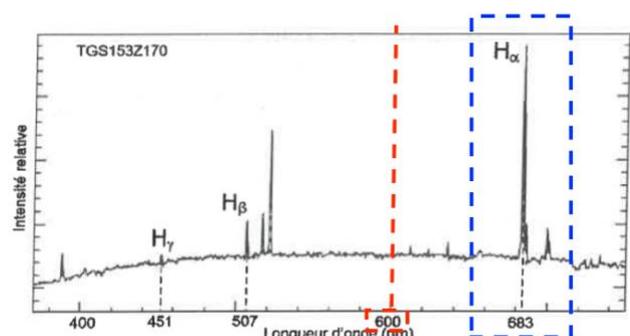
$$28 \mu\text{m} = 28 \times 10^{-6} \times 10^9 \text{ nm}$$

$$28 \mu\text{m} = 28\,000 \text{ nm}$$

Le télescope JWST est donc sensible aux longueurs d'onde comprises entre 600 nm et 28 000 nm.

D'après le document, La seule raie  $H_\alpha$  est émise dans cet intervalle.

Ainsi, seule la raie  $H_\alpha$  de l'atome d'hydrogène émise par la galaxie TGS153Z170 peut être observée par le télescope JWST.



**Q13.**

Lorsque la galaxie TGS153Z170 se rapproche de la Terre : la fréquence perçue  $f'_H$  augmente.  $f'_H > f_H$

Lorsque la galaxie TGS153Z170 s'éloigne de la Terre : la fréquence perçue  $f'_H$  diminue.  $f'_H < f_H$

**Q14.**

$$\lambda'_H = \lambda_H \times \left(1 + \frac{v_{\text{Gal}}}{c}\right)$$

$$\lambda_H \times \left(1 + \frac{v_{\text{Gal}}}{c}\right) = \lambda'_H$$

$$1 + \frac{v_{\text{Gal}}}{c} = \frac{\lambda'_H}{\lambda_H}$$

$$\frac{v_{\text{Gal}}}{c} = \frac{\lambda'_H}{\lambda_H} - 1$$

$$v_{\text{Gal}} = c \times \left(\frac{\lambda'_H}{\lambda_H} - 1\right)$$

Prenons seule la raie  $H\alpha$  de l'atome d'hydrogène émise par la galaxie TGS153Z170 peut être observée par le télescope JWST. Sur les spectres, on relève les valeurs :

$$\lambda_{H\alpha} = 656 \text{ nm}$$

$$\lambda'_{H\alpha} = 683 \text{ nm}$$

$$v_{\text{Gal}} = 3,00 \times 10^8 \times \left(\frac{683}{656} - 1\right)$$

$$v_{\text{Gal}} = 1,23 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Q15.**

D'après la loi de Hubble-Lemaître :

$$v_{\text{Gal}} = H_0 \times D$$

$$H_0 \times D = v_{\text{Gal}}$$

$$D = \frac{v_{\text{Gal}}}{H_0}$$

$$D = \frac{1,23 \times 10^7}{70 \times 10^3}$$

$$D = 1,8 \times 10^2 \text{ Mpc}$$

$$D = 1,8 \times 10^2 \times 3,1 \times 10^{22}$$

$$D = 5,6 \times 10^{24} \text{ m}$$

La galaxie TGS153Z170 se trouve à la distance  $D = 1,8 \times 10^2 \text{ Mpc} = 5,6 \times 10^{24} \text{ m}$  de la Terre.

CLASSE : Terminale

VOIE :  Générale

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h53

EXERCICE 2 : 5 points

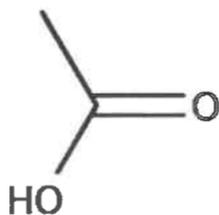
ENSEIGNEMENT : physique-chimie

CALCULATRICE AUTORISÉE :  Oui sans mémoire, « type collègue »

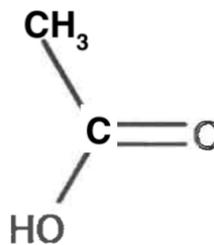
### EXERCICE 2 Étude d'un produit ménager « fait maison »

Q1.

Formule topologique de l'acide éthanoïque :



Formule semi-développée de l'acide éthanoïque :



Q2.

$$n_{\text{acide éthanoïque}} = \frac{m_{\text{acide éthanoïque}}}{M_{\text{acide éthanoïque}}}$$

Or le titre massique (pourcentage) est défini par :

$$t_m = \frac{m_{\text{acide éthanoïque}}}{m_{\text{solution}}}$$

D'où

$$m_{\text{acide éthanoïque}} = t_m \times m_{\text{solution}}$$

Ainsi :

$$n_{\text{acide éthanoïque}} = \frac{t_m \times m_{\text{solution}}}{M_{\text{acide éthanoïque}}}$$

Or

$$\rho_{\text{solution}} = \frac{m_{\text{solution}}}{V_{\text{solution}}}$$

$$\frac{m_{\text{solution}}}{V_{\text{solution}}} = \rho_{\text{solution}}$$

$$m_{\text{solution}} = \rho_{\text{solution}} \times V_{\text{solution}}$$

Ainsi :

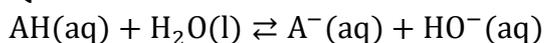
$$n_{\text{acide éthanoïque}} = \frac{t_m \times \rho_{\text{solution}} \times V_{\text{solution}}}{M_{\text{acide éthanoïque}}}$$

$$n_{\text{acide éthanoïque}} = \frac{8,0}{100} \times 1,01 \times 1,0 \times 10^3$$

$$n_{\text{acide éthanoïque}} = 1,3 \text{ mol}$$

Ainsi, la quantité de matière en acide éthanoïque est de 1,3 mol.

Q3.



Q4.

$$K_A = \frac{[A^-]_{\text{eq}} \times [H_3O^+]_{\text{eq}}}{[AH]_{\text{eq}} \times c^0}$$

Q5.

$$K_A = \frac{[A^-]_{\text{eq}} \times [H_3O^+]_{\text{eq}}}{[AH]_{\text{eq}} \times c^0}$$

$$-\log(K_A) = -\log\left(\frac{[A^-]_{\text{eq}} \times [H_3O^+]_{\text{eq}}}{[AH]_{\text{eq}} \times c^0}\right)$$

$$-\log(K_A) = -\log\left(\frac{[A^-]_{\text{eq}}}{[AH]_{\text{eq}}} \times \frac{[H_3O^+]_{\text{eq}}}{c^0}\right)$$

$$-\log(K_A) = -\log\left(\frac{[A^-]_{\text{eq}}}{[AH]_{\text{eq}}}\right) - \log\left(\frac{[H_3O^+]_{\text{eq}}}{c^0}\right)$$

$$pK_A = -\log\left(\frac{[A^-]_{\text{eq}}}{[AH]_{\text{eq}}}\right) + \text{pH}$$

$$pK_A + \log\left(\frac{[A^-]_{\text{eq}}}{[AH]_{\text{eq}}}\right) = \text{pH}$$

$$\text{pH} = pK_A + \log\left(\frac{[A^-]_{\text{eq}}}{[AH]_{\text{eq}}}\right)$$

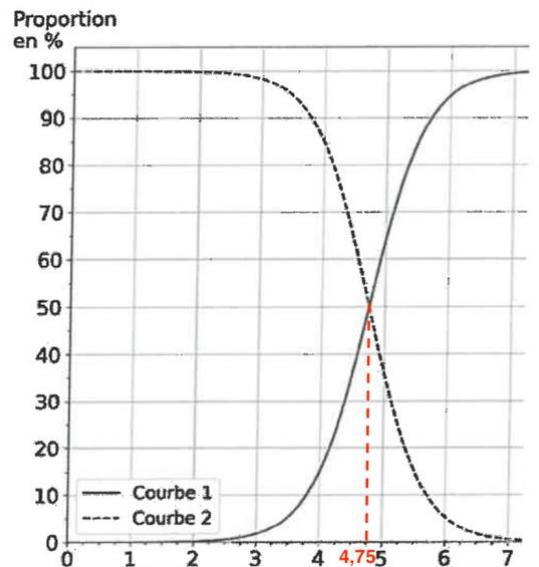
Lorsque  $[A^-]_{\text{eq}} = [AH]_{\text{eq}}$

$$\text{pH} = pK_A + \log(1)$$

$$\text{pH} = pK_A$$

Graphiquement  $[A^-]_{\text{eq}} = [AH]_{\text{eq}}$  pour  $\text{pH} = 4,75$

Ainsi,  $pK_A = 4,75$

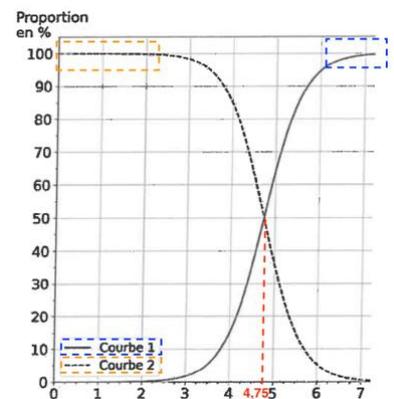


Q6.

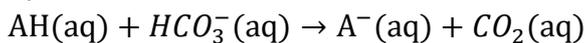
Lorsque  $\text{pH} < pK_A$ , la forme acide prédomine. Pour  $\text{pH} < pK_A$  la courbe 2 est au dessus de la courbe 1.

Ainsi, la courbe 2 correspond à l'espèce AH.

Lorsque  $\text{pH} > pK_A$ , la forme basique prédomine. Pour  $\text{pH} > pK_A$  la courbe 1 est au dessus de la courbe 2. Ainsi, la courbe 1 correspond à l'espèce  $A^-$ .



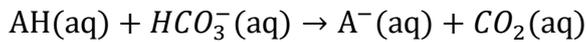
Q7.



Q8.

La réaction entre l'acide éthanoïque et le bicarbonate produit du  $CO_2$  (voir réaction de la question précédente). Le  $CO_2$  est un gaz. La production de ce gaz est responsable de la formation de mousse.

**Q9.**



Calculons les quantités de matières des réactifs :

$$n_{\text{acide ethanoique}} = \frac{t_m \times \rho_{\text{solution}} \times V_{\text{solution}}}{M_{\text{acide ethanoique}}}$$

(Voir formule question 2)

$$n_{\text{acide ethanoique}} = \frac{8,0}{100} \times 1,01 \times 100$$

$$n_{\text{acide ethanoique}} = 0,13 \text{ mol}$$

Si on n'avait pas obtenu la formule on aurait utilisé la relation de proportionnalité :

1,0 L	1,3 mol
100 mL	$n_{\text{acide ethanoique}}$

$$n_{\text{acide ethanoique}} = \frac{100 \times 10^{-3} \times 1,3}{1,0}$$

$$n_{\text{acide ethanoique}} = 0,13 \text{ mol}$$

D'après l'énoncé, la quantité de matière initiale d'ion hydrogénocarbonate est :

$$n' = 0,20 \text{ mol}$$

**Méthode 1 (sans tableau d'avancement) :**

$$x_{\text{max } 1} = \frac{n_{\text{acide ethanoique}}}{1}$$

$$x_{\text{max } 1} = \frac{0,13}{1}$$

$$x_{\text{max } 1} = 0,13 \text{ mol}$$

$$x_{\text{max } 2} = \frac{n'}{1}$$

$$x_{\text{max } 2} = \frac{0,20}{1}$$

$$x_{\text{max } 2} = 0,20 \text{ mol}$$

$$x_{\text{max } 1} < x_{\text{max } 2}$$

$$x_{\text{max}} = x_{\text{max } 1} = 0,13 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2}^{\text{produit}} = x_{\text{max}}$$

$$n_{\text{CO}_2}^{\text{produit}} = 0,13 \text{ mol}$$

**Méthode 2 (avec tableau d'avancement) :**

Équation	$\text{AH}(\text{aq})$	+	$\text{HCO}_3^-(\text{aq})$	$\rightarrow$	$\text{A}^-(\text{aq})$	+	$\text{CO}_2(\text{aq})$
État initial	0,13		0,20		0		0
État intermédiaire	$0,13 - x$		$0,20 - x$		$x$		$x$
État final	$0,13 - x_f$		$0,20 - x_f$		$x_f$		$x_f$

$$0,13 - x_{\text{max } 1} = 0$$

$$-x_{\text{max } 1} = -0,13$$

$$x_{max 1} = 0,13 \text{ mol}$$

$$0,20 - x_{max 2} = 0$$

$$-x_{max 2} = -0,20$$

$$x_{max 2} = 0,20 \text{ mol}$$

$$x_{max 1} < x_{max 2}$$

$$x_{max} = x_{max 1} = 0,13 \text{ mol}$$

$$n_{CO_2}^{produit} = x_f = x_{max} \text{ ((car réaction totale))}$$

$$n_{CO_2}^{produit} = 0,13 \text{ mol}$$

D'après l'équation des gaz parfaits :

$$PV = nRT$$

$$PV_g = n_{CO_2}^{produit} RT$$

$$V_g = \frac{n_{CO_2}^{produit} RT}{P}$$

$$V_g = \frac{0,13 \times 8,314 \times (25 + 273,15)}{1020 \times 10^2}$$

$$V_g = 3,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_g = 3,2 \times 10^{-6} \text{ L}$$

Le volume de gaz  $V_g$  libéré par la réaction chimique décrite précédemment est  $V_g = 3,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ .

**CLASSE :** Terminale

**VOIE :** ☑ Générale

**DURÉE DE L'ÉPREUVE :** 0h43

**EXERCICE 3 :** 4 points

**ENSEIGNEMENT :** physique-chimie

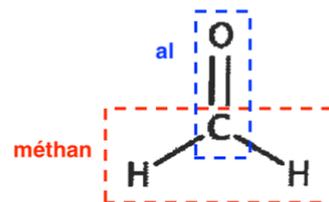
**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☑ Oui sans mémoire, « type collègue »

**EXERCICE 3 Étude d'un soin capillaire**

**Q1.**

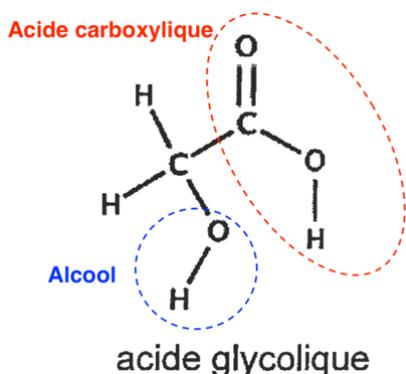
Nom du formaldéhyde en nomenclature systématique : **méthanal**

- **Méthan :** 1 atome de carbone
- **Al :** Liaison C=O



formaldéhyde

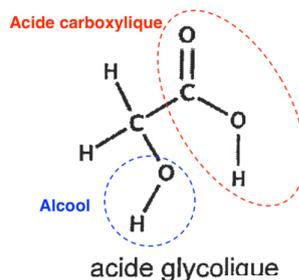
**Q2.**



**Q3.**

La molécule d'acide glycolique possède :

- Une liaison O-H d'un acide carboxylique
- Une liaison C=O d'un acide carboxylique
- Une liaison O-H d'un alcool



Le spectre d'absorption IR de l'acide glycolique doit présenter :

- Une bande correspondant à une liaison C = O acide carboxylique (nombre d'onde compris entre 1680 et 1710  $\text{cm}^{-1}$ )
- Une bande correspondant à une liaison O-H acide carboxylique (nombre d'onde compris entre 2500 et 3200  $\text{cm}^{-1}$ )
- Une bande correspondant à une liaison O-H alcool (nombre d'onde compris entre 3200 et 3400  $\text{cm}^{-1}$ )

➤ table simplifiée de données de spectroscopie IR :

Liaison	Nombre d'onde ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité
O-H alcool libre	3500 - 3700	forte, fine
O-H alcool lié	3200 - 3400	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
C = O ester	1700 - 1740	forte
C = O aldéhyde et cétone	1650 - 1730	forte
C = O acide carboxylique	1680 - 1710	forte

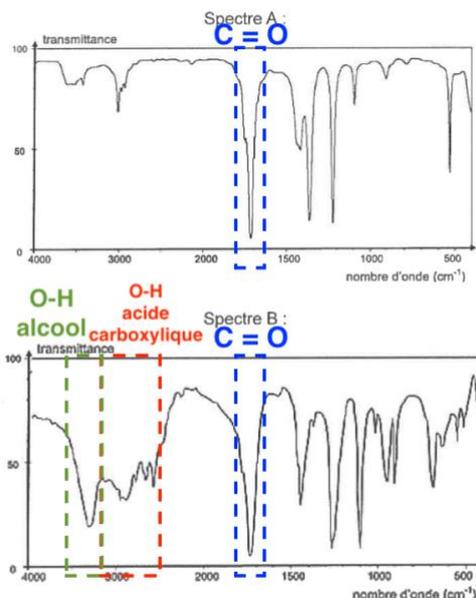


Figure 1. Spectres infrarouge de deux espèces chimiques.

Le spectre B possède toutes les bandes correspondantes aux liaisons de l'acide glycolique. Ainsi, le spectre B correspond à la molécule d'acide glycolique.

**Q4.**

D'après l'énoncé : « on prépare 50,0 mL d'une solution de sérum capillaire dilué 10 fois »

$$F = \frac{V_1}{V_0}$$

$$F \times V_0 = V_1$$

$$V_0 = \frac{V_1}{F}$$

$$V_0 = \frac{50}{10}$$

$$V_0 = 5,0 \text{ mL}$$

On choisit :

- une fiole jaugée  $V_1=50 \text{ mL}$
- une pipette jaugée  $V_0=5 \text{ mL}$

Protocole expérimental permettant de préparer la solution S :

- Prélever, à l'aide d'une pipette jaugée de 2,00 mL de la solution mère.
- Introduire le prélèvement dans une fiole jaugée de 50,0 mL.
- Ajouter au  $\frac{3}{4}$  de l'eau distillée et homogénéiser.
- Ajuster avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
- Homogénéiser.

**Q5.**

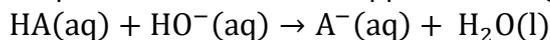
D'après l'énoncé : « le pH à l'équivalence est voisin de 8,5 ».

Nom	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Hélianthine	rouge	3,1 – 4,4	jaune
Rouge de méthyle	rouge	4,2 – 6,2	jaune
Bleu de bromothymol (BBT)	jaune	6,0 – 7,6	bleu
Phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10,0	rose-violet

La phénolphthaléine contient  $pH_{eq}$  dans sa zone de virage. Ainsi, la phénolphthaléine convient comme indicateur coloré pour ce titrage.

**Q6.**

L'équation de la réaction support du titrage est :

**Q7.**

L'équivalence est atteinte lorsque les réactifs sont introduits dans des proportions stœchiométriques.

**Q8.**

A l'équivalence :

$$\frac{n_{HA}^i}{1} = \frac{n_{HO^-}^{eq}}{1}$$

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_E$$

$$C_1 = \frac{C_2 \times V_E}{V_1}$$

$$C_1 = \frac{2,0 \times 10^{-1} \times 9,4 \times 10^{-3}}{20,0 \times 10^{-3}}$$

$$C_1 = 9,4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

La solution de sérum capillaire dilué 10 fois :

$$C = 10 \times C_1$$

$$C = 10 \times 9,4 \times 10^{-2}$$

$$C = 9,4 \times 10^{-1} \text{ mol. L}^{-1}$$

**Q9.**

Calculons la concentration de la solution d'acide glycolique :

$$C_{ref} = \frac{n_{acide}}{V_{solution}}$$

Or

$$n_{acide} = \frac{m_{acide}}{M_{acide}}$$

Ainsi :

$$C_{ref} = \frac{n_{acide}}{V_{solution}} = \frac{m_{acide}}{M_{acide} \times V_{solution}}$$

Or le titre massique (pourcentage) est défini par :

$$t_m = \frac{m_{acide}}{m_{solution}}$$

D'où

$$m_{acide} = t_m \times m_{solution}$$

Ainsi :

$$C_{ref} = \frac{m_{acide}}{M_{acide} \times V_{solution}} = \frac{t_m \times m_{solution}}{M_{acide} \times V_{solution}}$$

Or

$$\rho_{solution} = \frac{m_{solution}}{V_{solution}}$$

Ainsi :

$$C_{ref} = \frac{t_m \times m_{solution}}{M_{acide} \times V_{solution}} = \frac{t_m \times \rho_{solution}}{M_{acide}}$$

$$C_{ref} = \frac{\frac{7}{100} \times 1,0 \times 10^3}{76,0}$$

$$C_{ref} = 9,2 \times 10^{-1} \text{ mol. L}^{-1}$$

D'après les données : pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient :

$$\frac{|x - x_{ref}|}{u(x)}$$

$$\frac{|C - C_{ref}|}{u(C)} = \frac{|9,4 \times 10^{-1} - 9,2 \times 10^{-1}|}{0,05}$$

$$\frac{|C - C_{ref}|}{u(C)} = 0,4$$

$$\frac{|C - C_{ref}|}{u(C)} < 2$$

Ainsi, pourcentage en masse indiqué par le fabricant est correct.