Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 2

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

EXERCICE 1 - EXPLORATION DU CIEL PROFOND PAR LE TÉLESCOPE JAMES WEBB (11 POINTS)

Le télescope spatial James Webb (noté JWST) est un télescope développé par la NASA avec la participation de l'Agence Spatiale Européenne et de l'Agence Spatiale Canadienne. Ce télescope JWST se trouve en permanence à une distance de 1,5 millions de kilomètres du centre de la Terre au point de Lagrange noté L2.

Pour le système Terre-Soleil, il existe 5 positions appelées points de Lagrange notés de L1 à L5 (voir figure 1). Sous l'effet de l'action du Soleil et de la Terre, un satellite placé sur l'un de ces points a un mouvement de rotation autour du Soleil de même période que celle de la Terre. Les positions relatives du satellite, du Soleil et de la Terre restent alors inchangées au cours du temps.

Cette position assure au télescope JWST de demeurer pendant toute l'année dans l'ombre portée de la Terre et donc à l'abri du rayonnement thermique du Soleil.

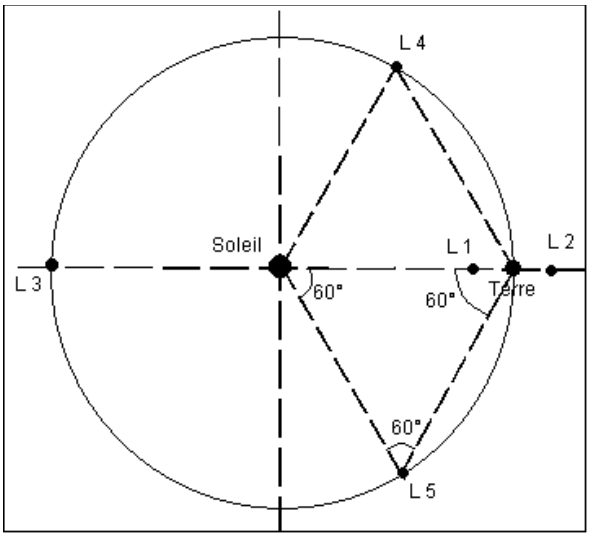


Figure 1. Les points de Lagrange.

Les objectifs de cet exercice sont de déterminer la période de révolution du télescope JWST et d'analyser une méthode de détermination de la distance à laquelle se trouve une galaxie.

Données :

- distance Terre – Soleil : $D_{T\text{-}S} = 149{,}6\times10^{6}$ km ;
- distance Terre – JWST *:* $D_{T\text{-}J} = 1{,}511\times10^{6}$ km ;
- masse de JWST : $m_J = 6{,}17\times10^{3}$ kg ;
- masse de la Terre : $M_T = 5{,}97\times10^{24}$ kg ;
- masse du Soleil : $M_S = 1{,}99\times10^{30}$ kg ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ N·m^2·kg^{-2}.

Mouvement orbital du télescope JWST.

Q1. Indiquer les raisons pour lesquelles il n'aurait pas été judicieux de placer le télescope JWST au point de Lagrange L1 (voir figure 1).

Q2. Représenter, sans souci d'échelle, l'alignement du Soleil, de la Terre et du télescope JWST situé en L2. Ces trois corps seront représentés par des points notés S, T et J. Faire apparaître sur la figure la distance Terre – Soleil notée $D_{T\text{-}S}$ et la distance Terre – JWST notée $D_{T\text{-}J}$. Calculer la distance $D_{S\text{-}J}$ du Soleil au télescope JWST.

Q3. Exprimer la force d'attraction gravitationnelle, notée $F_{T\text{-}J}$, qu'exerce la Terre sur le télescope JWST en fonction de G, m_J, M_T et $D_{T\text{-}J}$ puis la calculer.

La force d'attraction gravitationnelle, notée $\overrightarrow{F_{S\text{-}J}}$, qu'exerce le Soleil sur le télescope JWST a pour valeur $F_{S\text{-}J}$ = 35,9 N.

Q4. Représenter, sur le schéma réalisé à la question **Q2** et sans souci d'échelle, le vecteur $\overrightarrow{F_{T\text{-}J}}$ représentant la force exercée par la Terre sur le télescope JWST et le vecteur $\overrightarrow{F_{S\text{-}J}}$ représentant la force exercée par le Soleil sur le télescope JWST.

On note $\vec{F}$ la force correspondant à la résultante des forces $\overrightarrow{F_{T\text{-}J}}$ et $\overrightarrow{F_{S\text{-}J}}$ agissant sur le télescope JWST ; on a donc $\vec{F} = \overrightarrow{F_{T\text{-}J}} + \overrightarrow{F_{S\text{-}J}}$

Q5. Vérifier que la valeur de la force $\vec{F}$ vaut approximativement F = 37,0 N.

On admet que le centre de masse du télescope JWST a une trajectoire circulaire de rayon $D_{S\text{-}J}$ = 151,1×10^6 km centrée sur le Soleil. La Terre, le Soleil et le télescope JWST restent alignés en permanence.

La force de gravitation totale exercée sur le télescope JWST peut s'exprimer à l'aide de la relation :

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

Pour simplifier les calculs, on introduit la distance effective D_{eff} entre le Soleil et le télescope JWST, définie par la relation :

$$F = Gm_J . \left(\frac{M_S}{D_{eff}^2} \right)$$

Q6. Exprimer la distance effective D_{eff} en fonction de M_S, M_T, $D_{S\text{-}J}$ et $D_{T\text{-}J}$ et vérifier que cette distance effective a pour valeur D_{eff} = 1,49×10^{11} m.

Q7. Sur un schéma représentant la trajectoire circulaire du télescope JSWT, représenter, sans souci d'échelle, les vecteurs $\overrightarrow{u_n}$ et $\overrightarrow{u_t}$ du repère de Frenet, respectivement normal et tangent à la trajectoire, au niveau du télescope JWST. Représenter également la force $\vec{F}$.

L'accélération du télescope JWST s'écrit $\vec{a} = a_n \overrightarrow{u_n} + a_t \overrightarrow{u_t}$.

Q8. Donner l'expression de l'accélération normale a_n du télescope JWST en fonction de la vitesse v et du rayon de la trajectoire $D_{S\text{-}J}$.

Dans la situation particulière étudiée, la force d'attraction gravitationnelle $\vec{F}$ qu'exercent le Soleil et la Terre sur le télescope JWST peut s'écrire :

$$\vec{F} = G \cdot \frac{m_J \cdot M_S}{D_{eff}^2} \cdot \overrightarrow{u_n}$$

Q9. En appliquant la deuxième loi de Newton dans le référentiel d'étude, supposé galiléen, déterminer l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse du télescope JWST en fonction de G, M_S, D_{eff} et $\overrightarrow{u_n}$.

Q10. Montrer que la vitesse v du télescope JWST s'écrit :

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

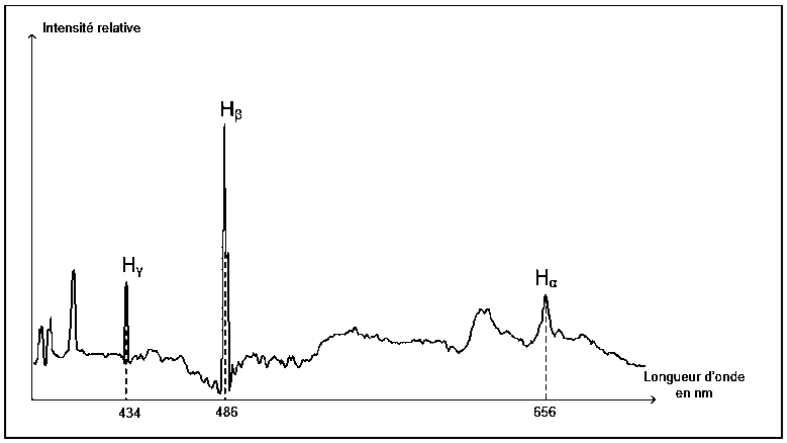
Q11. En déduire que la période de révolution T du télescope JWST est donnée par la relation $T = 2\pi \sqrt{\frac{D_{S\text{-}J} \cdot D_{eff}^2}{G \cdot M_S}}$. Calculer sa valeur en jours et vérifier la cohérence avec la valeur attendue.

Vitesse d'éloignement de la galaxie TGS153Z170.

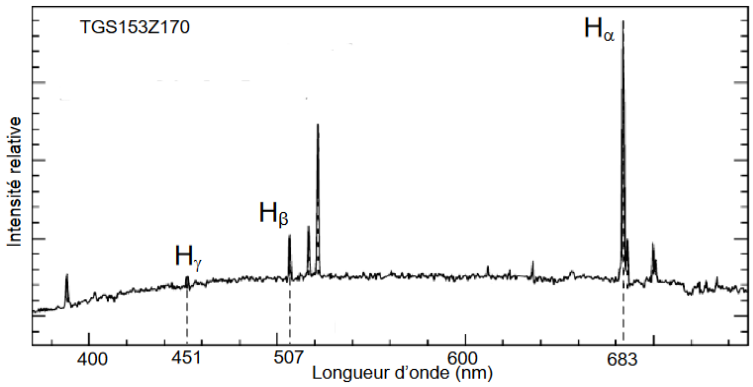
La mesure du déplacement vers le rouge, par effet Doppler, de raies caractéristiques des spectres émis par des sources lointaines (galaxies, quasars, etc.) est la preuve d'un univers en expansion, aussi bien que le moyen de mesurer la vitesse d'éloignement de ces objets lointains. En faisant appel à des modèles cosmologiques, on peut tirer des informations sur la distance de ces sources à la Terre.

D'après Boratav & R. Kerner, Relativité, Ellipse, 1991

Spectre d'émission de l'hydrogène acquis sur Terre à l'aide d'une source immobile présente au laboratoire.



Spectre de la galaxie TGS153Z170 avec indexage des raies H_α, H_β et H_γ de l'hydrogène.



Source M. Colless et al. The 2dF Galaxy Redshift Survey)

Le télescope JWST est sensible aux longueurs d'onde comprises entre 0,6 µm et 28 µm.

Q12. Indiquer, en justifiant, la raison pour laquelle seule la raie H_α de l'atome d'hydrogène émise par la galaxie TGS153Z170 peut être observée par le télescope JWST.

La longueur d'onde de la raie H_α dans le cas d'une source présente au laboratoire est notée λ_H et sa fréquence associée f_H. Dans le cas d'une source présente dans la galaxie TGS153Z170 la longueur d'onde apparente de la raie H_α et notée λ'_H et sa fréquence f'_H.

Q13. Préciser si la valeur de f'_H est plus grande ou plus petite que la valeur de f_H et indiquer si la galaxie TGS153Z170 d'éloigne ou se rapproche de la Terre.

On souhaite déterminer la vitesse de déplacement v_{Gal} de la galaxie TGS153Z170 par rapport à la Terre. Dans ce cas particulier, la relation entre les longueurs d'onde λ_H et λ'_H est donnée par la formule (1) ci-dessous.

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

avec v_{Gal} la vitesse de déplacement de la galaxie TGS153Z170 par rapport à la Terre et c la célérité de la lumière dans le vide.

Donnée : célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00\times10^8$ m·s^{-1}.

Q14. À l'aide de la formule (1) ci-dessus, exprimer puis calculer la vitesse de déplacement v_{Gal} de la galaxie TGS153Z170 par rapport à la Terre.

En astrophysique, la loi de Hubble-Lemaître énonce que les galaxies s'éloignent les unes des autres à une vitesse approximativement proportionnelle à leur distance. Autrement dit, plus une galaxie est loin de nous, plus elle semble s'éloigner rapidement.

La loi de Hubble-Lemaître a pour expression : $v_{Gal} = H_0 \cdot D$, où :

- v_{Gal} est la vitesse d'éloignement de la galaxie en m·s^{-1} par rapport à la Terre ;
- H_0 est la constante de Hubble avec $H_0 = 70\times10^3$ m·s^{-1}·Mpc^{-1} ;
- D est la distance entre la Terre et la galaxie en Mpc (Mégaparsec).

Donnée : unité de distance le Mégaparsec : 1 Mpc = $3{,}1\times10^{22}$ m.

Q15. Calculer, en Mégaparsec puis en mètres, la distance D à laquelle la galaxie TGS153Z170 se trouve de la Terre.

EXERCICE 2 - ÉTUDE D'UN PRODUIT MÉNAGER « FAIT MAISON » (5 POINTS)

Les tâches ménagères nécessitent l'usage de produits d'entretien. Pourtant, ces produits ménagers ne sont pas sans risque sanitaire. Il existe de nombreuses alternatives à l'eau de Javel ou autres produits qui, peuvent engendrer la formation d'espèces chimiques toxiques. Pour fabriquer un spray nettoyant multi-usages écologique et économique, on peut réaliser un mélange de deux produits ménagers simples : le vinaigre blanc et le bicarbonate de soude. La mousse obtenue permet de décoller les impuretés présentes sur une surface.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la transformation chimique entre le vinaigre et le bicarbonate de soude.

Le vinaigre blanc.

Le vinaigre blanc peut être utilisé en tant que détartrant, désinfectant et anticalcaire. Ce liquide incolore est composé d'eau et d'acide éthanoïque obtenu la plupart du temps à partir de sucre de betterave.

Pour fabriquer un produit ménager, il est conseillé d'utiliser du vinaigre blanc à 8,0 % en masse.

Données :
- masse volumique du vinaigre : $\rho = 1{,}01\ \text{g·mL}^{-1}$;
- masse molaire de l'acide éthanoïque : $M = 60\ \text{g·mol}^{-1}$;
- concentration standard : $c° = 1{,}0\ \text{mol·L}^{-1}$.

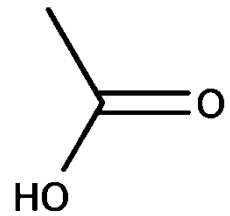


Figure 1. Formule topologique de l'acide éthanoïque.

Q1. À partir de la formule topologique donnée sur la figure 1, représenter la formule semi-développée de l'acide éthanoïque.

Q2. À l'aide des données présentes dans le texte descriptif du vinaigre blanc ci-dessus, montrer que la quantité de matière en acide éthanoïque n contenue dans un volume V égal à 1,0 L de vinaigre blanc à 8,0 % en masse est voisine de 1,3 mol.

Dans la suite de l'exercice, on utilisera la notation AH(aq) pour représenter l'acide éthanoïque et A^-(aq) pour l'ion éthanoate. L'acide éthanoïque est un acide faible. On désire modéliser la transformation entre l'acide éthanoïque contenu dans le vinaigre et l'eau.

Q3. Écrire l'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique.

Q4. Donner l'expression littérale de la constante d'acidité K_A du couple acide éthanoïque /ion éthanoate, noté AH(aq)/A^-(aq), en fonction de la concentration standard $c°$ et des concentrations en quantité de matière des espèces H_3O^+, AH et A^- observées à l'équilibre.

On donne, figure 2, le diagramme de distribution du couple acide éthanoïque / ion éthanoate.

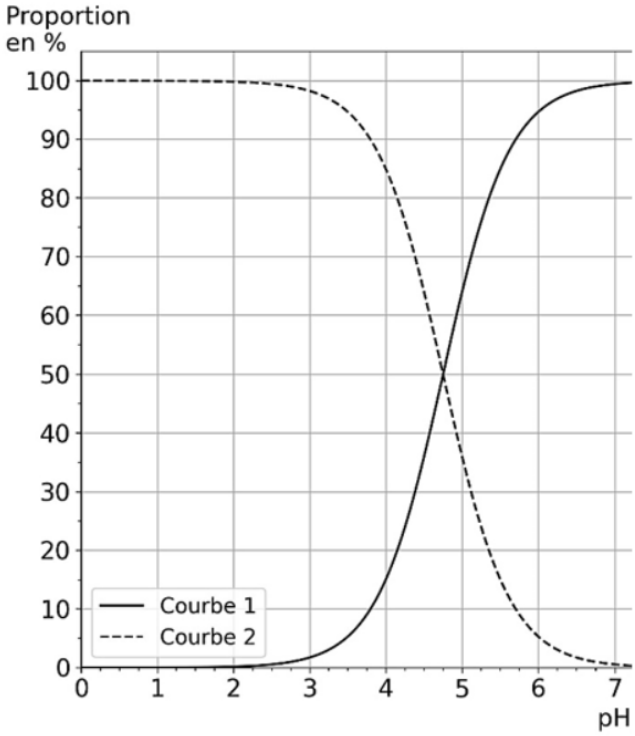


Figure 2. Diagramme de distribution du couple acide éthanoïque/ion éthanoate.

Q5. À l'aide du diagramme de la figure 2, déterminer la valeur du pK_A du couple acide éthanoïque / ion éthanoate. Justifier votre réponse.

Q6. Attribuer chaque courbe du diagramme de la figure 2 à l'espèce, AH(aq) ou A^-(aq), qui lui correspond. Justifier votre réponse.

Réaction entre l'acide éthanoïque et le bicarbonate de soude.

Le bicarbonate de soude est un solide ionique de formule brute $NaHCO_3$ et de masse molaire M' = 84 g·mol^{-1}. Lorsqu'il est dissous en solution aqueuse les ions présents en solution sont les ions sodium Na^+(aq) et les ions hydrogénocarbonate HCO_3^-(aq).
Le couple acide/base associé aux ions hydrogénocarbonate pris en compte par la suite est CO_2(aq) / HCO_3^-(aq).
On souhaite modéliser la transformation chimique entre l'acide éthanoïque AH(aq) et les ions hydrogénocarbonate.

Q7. Écrire l'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique. On suppose que cette réaction est totale.

Q8. Le texte introductif fait état de la formation de mousse lors de la réaction entre l'acide éthanoïque et le bicarbonate de soude. Expliquer ce phénomène.

Dans un erlenmeyer, on introduit un volume $V_{vinaigre}$ = 100 mL de vinaigre à 8,0 % en masse et on ajoute une quantité de matière n' = 0,20 mol d'ion hydrogénocarbonate en solution. La transformation chimique qui se produit dans l'erlenmeyer produit un gaz que l'on recueille par déplacement d'eau. Le gaz recueilli est considéré comme un gaz parfait. Dans les conditions de l'expérience, la valeur de la pression dans le tube est
P = 1020 hPa et la valeur de la température est θ = 25 °C.

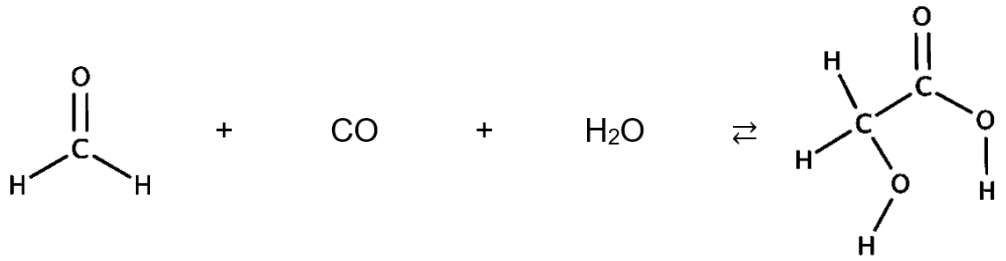
Données :
- la température exprimée en kelvin T se calcule à partir de la température exprimée en degré Celsius θ par $T = \theta + 273{,}15$;
- la valeur de la constante des gaz parfaits est R = 8,314 $Pa \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$.

Pour la question suivante, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Q9. À l'aide de l'équation d'état du gaz parfait, déterminer le volume V_g de gaz libéré par la réaction chimique décrite précédemment.

EXERCICE 3 - ÉTUDE D'UN SOIN CAPILLAIRE (4 POINTS)

L'acide glycolique est connu pour ses utilisations en dermatologie afin de lutter contre l'acné mais il entre aussi dans la composition de soins capillaires. C'est une molécule qui, grâce à sa petite taille, pénètre facilement les cheveux et se fixe sur la kératine pour renforcer la fibre capillaire et réduire les cassures.
Dans l'industrie chimique, on le synthétise à partir d'une réaction catalysée faisant intervenir du formaldéhyde et du monoxyde de carbone en présence d'eau selon l'équation de réaction suivante :



formaldéhyde | monoxyde de carbone | eau | acide glycolique

L'objectif de cet exercice est d'étudier la molécule d'acide glycolique puis de vérifier le pourcentage en masse ou titre massique d'un soin capillaire indiqué par le fabriquant.

Étude de la synthèse de la molécule d'acide glycolique.

Données :

- préfixes utilisés pour la nomenclature systématique :

Nombre d'atomes de carbone	1	2	3	4	5
Préfixe	méth-	éth-	prop-	but-	pent-

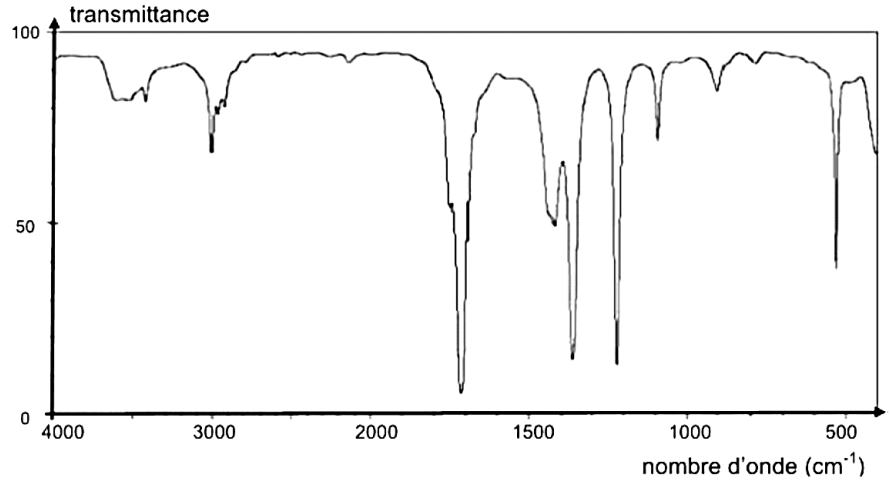
- en nomenclature systématique, les aldéhydes sont désignés par le suffixe -al.

Q1. À l'aide des données, indiquer le nom du formaldéhyde en nomenclature systématique.

Q2. Recopier sur la copie la formule semi-développée de la molécule d'acide glycolique puis entourer et nommer les groupes caractéristiques présents dans la molécule en précisant les familles fonctionnelles associées.

La figure 1 présente les spectres infrarouge de deux espèces chimiques. L'un des spectres est celui de l'acide glycolique.

Spectre A :



Spectre B :

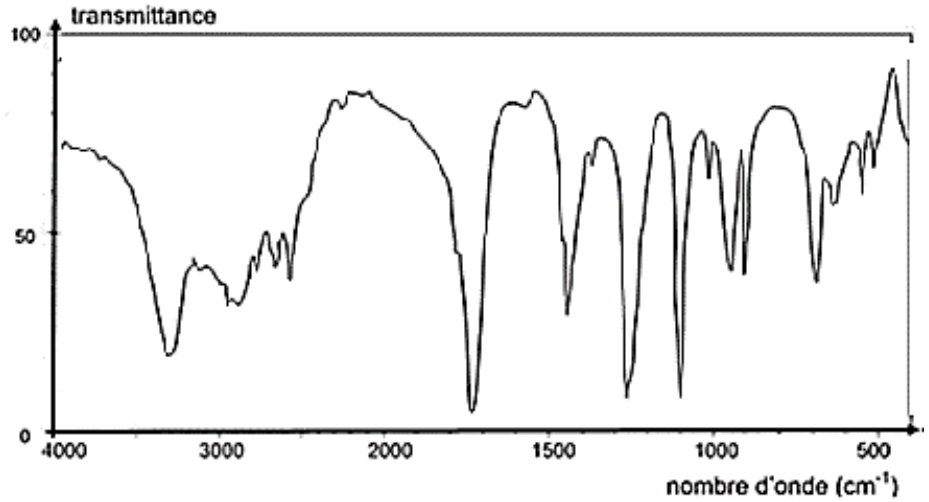


Figure 1. Spectres infrarouge de deux espèces chimiques.

Données :

- table simplifiée de données de spectroscopie IR :

Liaison	Nombre d'onde (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

Q3. À l'aide des données, identifier parmi les spectres A et B de la figure 1 celui qui correspond à la molécule d'acide glycolique. Justifier la réponse.

Étude d'un sérum capillaire.

Sur le flacon d'un sérum réparateur de cheveux, le fabriquant indique 7,0 % en masse d'acide glycolique. On souhaite vérifier ce pourcentage en masse ou titre massique grâce à un titrage colorimétrique.
Pour cela, après avoir dilué 10 fois le sérum, on titre un prélèvement de volume V_1 = 20,0 mL de solution diluée par une solution titrante d'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq)$; $HO^-(aq)$) de concentration en quantité de matière $C_2 = 2{,}0\times10^{-1}$ mol·L^{-1} en présence d'un indicateur coloré. La valeur du volume de solution titrante versé à l'équivalence est V_E = 9,4 mL.

Données :
- principaux indicateurs colorés :

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

- masse molaire de l'acide glycolique : M = 76,0 g·mol^{-1} ;
- masse volumique du sérum capillaire ρ = 1,0 g·mL^{-1} ;
- des études montrent que lors du titrage d'une solution d'acide glycolique par une solution d'hydroxyde de sodium, le *pH* à l'équivalence est voisin de 8,5.

Q4. Rédiger le protocole expérimental permettant de préparer un volume V = 50,0 mL de solution de sérum capillaire dilué 10 fois.

Q5. Indiquer, en justifiant à l'aide des données, l'indicateur coloré que l'on peut utiliser lors de ce titrage.

On souhaite modéliser la transformation chimique mise en jeu lors de ce titrage. Pour cela, on notera AH l'acide glycolique et A^- l'ion glycolate.

Q6. Écrire l'équation de la réaction support du titrage réalisé.

Q7. Définir l'équivalence d'un titrage.

Q8. En déduire l'expression puis calculer la valeur de la concentration en quantité de matière en acide glycolique C_1 du sérum dilué puis la concentration en quantité de matière en acide glycolique du sérum commercial notée C.

Données :
- pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on utilise le quotient $\frac{|x - x_{réf}|}{u(x)}$ avec x, la valeur mesurée, $x_{réf}$ la valeur de référence et $u(x)$, l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x.

On estime l'incertitude-type sur la détermination de la concentration en quantité de matière en acide glycolique $u(C)$ = 0,05 mol·L^{-1}.

Q9. À l'aide des données, indiquer si le pourcentage en masse ou titre massique indiqué par le fabriquant est correct.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.