

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BIOANALYSES EN LABORATOIRE DE CONTRÔLE

ÉPREUVE E4 : PHYSIQUE-CHIMIE

SESSION 2026

Durée : 2 heures

Coefficient : 1

Matériel autorisé :

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

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

La directive 2001/110/CE établit les règles de l'Union européenne (UE) relatives à la composition et à la définition du miel, à son étiquetage, à sa présentation, à son origine, et précise les types de produits apicoles pouvant être vendus.

Le sujet porte sur la vérification de la conformité d'un lot de miel avant commercialisation.

Il contient quatre parties indépendantes :

- **Partie 1 : Mesure conductimétrique (8 points)**
- **Partie 2 : Mesure de viscosité dynamique (9 points)**
- **Partie 3 : Acidité du miel**
 - **A : Mesure de pH (9 points)**
 - **B : L'acide gluconique (9 points)**
 - **C : Mesure de la teneur en acides libres dans un miel (5 points)**

Partie 1 : Mesure conductimétrique (8 points)

Il existe deux types de miel : le miel de fleurs et le miel de miellat. Ils présentent des propriétés physiques et chimiques distinctes, notamment en matière de couleur, de texture et de comportement face à la cristallisation.

Le miel de fleurs, plus concentré en glucose, a tendance à cristalliser plus vite. À l'inverse, le miel de miellat, substance sucrée produite par certains insectes, est caractérisé par une composition sucrée plus complexe et une teneur élevée en fructose, il conserve une texture plus fluide et plus stable dans le temps.

La conductivité est une grandeur qui permet de distinguer ces deux types de miel :

- miel de fleurs (conductivité $\leq 80 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ pour une solution de miel à 20 % en masse) ;
- miel de miellat (conductivité $> 80 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ pour une solution de miel à 20 % en masse).

On souhaite vérifier si un miel est un miel de fleurs. Pour cela, on utilise un conductimètre dont on vérifie l'étalonnage avec des solutions de chlorure de potassium ($\text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) à 20,0 °C.

Données : Loi de Kohlrausch appliquée à la solution de chlorure de potassium :

$$\sigma = (\lambda_{\text{K}^+}^0 + \lambda_{\text{Cl}^-}^0) \times C$$

avec : σ : conductivité en $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ de la solution de chlorure de potassium ;

$\lambda_{\text{K}^+}^0 = 7,35 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$: conductivité ionique molaire de l'ion K^+ ;

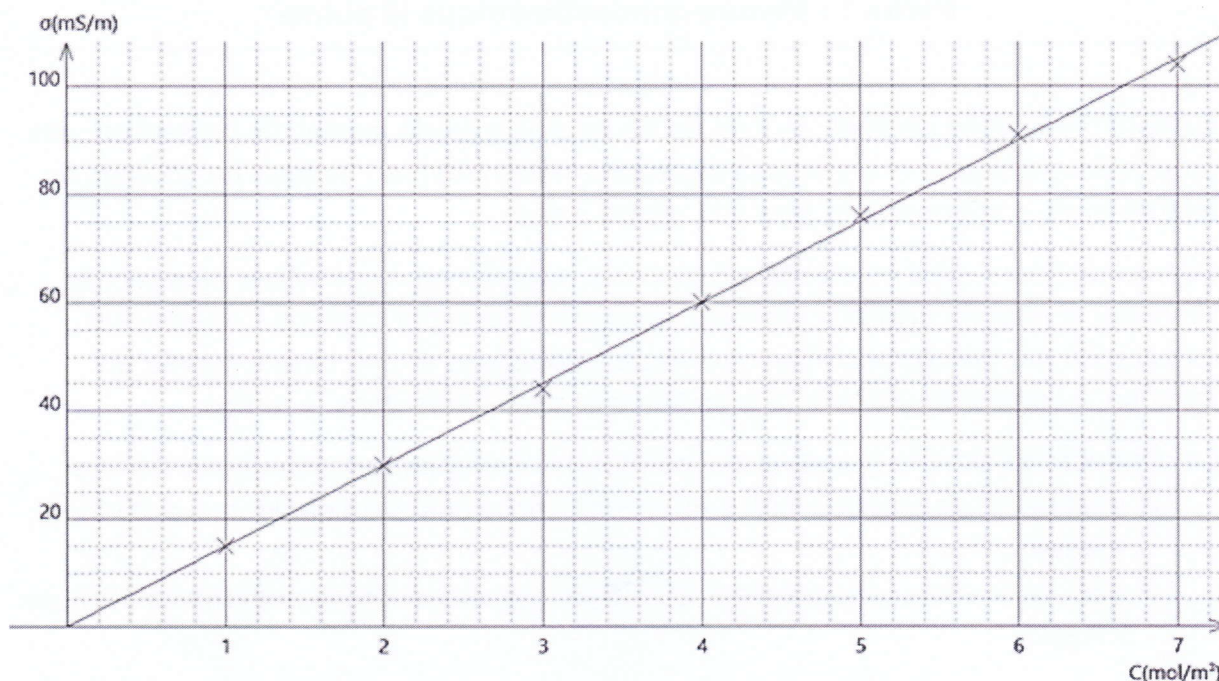
$\lambda_{\text{Cl}^-}^0 = 7,63 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$: conductivité ionique molaire de l'ion Cl^- ;

C : concentration en soluté apporté de chlorure de potassium en $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$.

Pour vérifier la qualité de l'étalonnage du conductimètre, on mesure, à 20 °C, la conductivité de solutions étalons S_1 à S_7 préparées à partir d'une solution mère de chlorure de potassium ($\text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) à $40,0 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$:

Solution	Concentration C ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$)	Conductivité σ ($\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$)
S_1	1,0	15
S_2	2,0	30
S_3	3,0	44
S_4	4,0	60
S_5	5,0	76
S_6	6,0	91
S_7	7,0	104

La représentation graphique de σ en fonction de C est donnée ci-dessous :



- Q1.** Déterminer le volume de solution mère à prélever pour préparer 100,0 mL de solution S₂. Préciser la verrerie utilisée lors de cette dilution.
- Q2.** Indiquer, en utilisant l'allure de la représentation graphique, que les mesures effectuées obéissent à la loi de Kohlrausch.
- Q3.** Déterminer, par la méthode de votre choix, le coefficient de proportionnalité entre σ et C .
- Q4.** Indiquer si le résultat trouvé à la question **Q3** est en accord avec la loi de Kohlrausch fournie dans les données. Conclure quant à la qualité de l'étalonnage du conductimètre.

On rappelle que la conductance G (en mS) d'une solution, sa conductivité σ (en mS·m⁻¹) et la constante de cellule K (en m) sont reliées par la relation :

$$G = K \times \sigma$$

Dans la suite, on considère que le conductimètre est correctement étalonné et que la valeur de la constante de la cellule utilisée vaut : $K = 1,20 \times 10^{-2}$ m.

On effectue le contrôle sur une solution aqueuse de miel diluée selon la méthode normalisée. On mesure une conductance G égale à 0,66 mS à 25,0 °C.

- Q5.** Montrer que la conductivité de cette solution diluée vaut 55 mS·m⁻¹.
- Q6.** Indiquer, en justifiant la réponse, si ce miel peut être vendu avec l'appellation miel de fleurs.

Partie 2 : Mesure de viscosité dynamique (9 points)

La viscosité dynamique du miel est une grandeur clé exprimée en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$. Elle reflète principalement la teneur en eau dans le miel, elle-même directement liée au risque de fermentation et à la conservation.

Pour le miel, la réglementation européenne impose une teneur maximale en eau de 20 % pour la majorité des miels. Ainsi, mesurer la viscosité dynamique permet au laboratoire de :

- vérifier que le miel est conforme aux normes avant sa commercialisation ;
- détecter d'éventuelles adultérations (ajout d'eau ou sirops) ;
- ajuster les conditions de transformation et d'emballage pour l'entreprise apicole (choix des pompes, filtration, stockage).

Données : Viscosités dynamiques approximatives, à 20 °C, du miel en fonction de la teneur en eau

Teneur en eau du miel (%)	Viscosité dynamique approximative ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	Interprétation / Qualité
> 21 %	< 2	Miel trop fluide, risque élevé de fermentation ou adultérations
20 %	~ 2 à 4	Miel liquide standard
18 à 19 %	~ 4 à 6	Bonne qualité, faible risque de fermentation
17 à 18 %	~ 6 à 8	Qualité supérieure, texture plus épaisse
< 17 %	> 8	Miel très sec, cristallisation rapide

Le laboratoire utilise un viscosimètre à chute verticale de bille. Il permet de déterminer la viscosité dynamique du miel, à 20 °C, en mesurant la vitesse de chute d'une bille en acier entre deux repères. La bille est en mouvement rectiligne uniforme de R_1 à R_2 .

R_1

R_2



On admet que la viscosité dynamique, notée η et exprimée en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, a pour expression :

$$\eta = \frac{2 \times r^2 \times g \times (\rho_b - \rho_m)}{9 \times v}$$

avec :

- rayon de la bille : $r = 1,50 \text{ mm}$;
- intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- masse volumique de la bille : $\rho_b = 7\,800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- masse volumique du miel : $\rho_m = 1\,380 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- vitesse de la bille entre les repères R_1 et R_2 : v en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Trois forces s'exercent sur la bille.

Q7. Indiquer le nom, la direction et le sens de chacune de ces trois forces.

Le volume V de la bille de rayon r est donné par la relation : $V = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$.

Q8. Déterminer la valeur du poids P de la bille.

Q9. Décrire succinctement le principe du viscosimètre à chute de bille (ou viscosimètre de Höppler).

La durée mesurée pour la chute de la bille entre les repères R_1 et R_2 , distants de $L = 10,0 \text{ cm}$, vaut : $\Delta t = 24,50 \text{ s}$.

Q10. Exprimer, en fonction de L et de Δt , la vitesse v de chute de la bille entre les repères R_1 et R_2 dans le miel. Vérifier que cette vitesse vaut $4,08 \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q11. En déduire la viscosité dynamique η du miel.

Les incertitudes-types sur les grandeurs mesurées sont les suivantes : $u(L) = 2 \text{ mm}$; $u(\Delta t) = 0,01 \text{ s}$. Les incertitudes-types sur les grandeurs r , g , ρ_b et ρ_m sont négligées.

On appelle incertitude relative sur une mesure x , d'incertitude-type $u(x)$, le quotient sans dimension : $\frac{u(x)}{x}$.

Q12. Montrer que l'incertitude relative sur la durée Δt est négligeable par rapport à celle sur la longueur L .

Dans ces conditions, on admet la relation : $\frac{u(\eta)}{\eta} = \frac{u(L)}{L}$.

Q13. Déterminer l'incertitude type $u(\eta)$ sur la mesure de la viscosité dynamique η . Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat de la mesure associé à son incertitude-type.

BTS BIOANALYSES EN LABORATOIRE DE CONTRÔLE		Session 2026
E4 – Physique-Chimie	Code : 26BAE42PC	Page : 6/9

La relation permettant de calculer la viscosité dynamique η n'est valable que si le nombre de Reynolds, noté R_e , associé au mouvement de la bille est inférieur à 0,10 avec :

$$R_e = \frac{2 \times \rho_m \times v \times r}{\eta}$$

Q14. Vérifier que cette condition sur le nombre de Reynolds est respectée et que la mesure de la viscosité dynamique est exploitable.

Q15. Conclure sur la qualité de ce miel. Justifier.

Partie 3 : Acidité du miel (23 points)

Les trois sous-parties A, B et C sont indépendantes.

Dans cette partie, on s'intéresse à la mesure du pH du miel puis à l'acide principalement présent dans le miel et enfin à la teneur en acides libres dans un miel.

Données :

- constante d'acidité à 25 °C du couple acide gluconique / ion gluconate $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7(\text{aq}) / \text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7^-(\text{aq}) : K_a = 1,26 \times 10^{-4}$;
- numéros atomiques Z de quelques éléments : $Z(\text{H}) = 1$; $Z(\text{C}) = 6$; $Z(\text{O}) = 8$.

A. Mesure de pH (9 points)

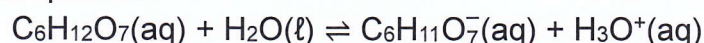
Le miel est naturellement acide, avec un pH compris entre 3,4 et 6,1, dû à la présence majoritaire d'acide gluconique $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$.

Afin de vérifier la stabilité ou non du miel, on réalise le protocole expérimental suivant :

- préparation de 100 mL de solution aqueuse de miel à la concentration en masse de $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$;
- mesure, à 25 °C, du pH de la solution obtenue : 3,9.

Q16. Déterminer la concentration en quantité de matière $[\text{H}_3\text{O}^+]$ dans la solution aqueuse de miel testée.

Dans cette solution aqueuse de miel, l'acide gluconique présent réagit avec l'eau selon la réaction d'équation :



Un des deux couples acide/base intervenant dans cette réaction est $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7(\text{aq}) / \text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7^-(\text{aq})$.

Q17. Identifier le second couple acide/base mis en jeu.

Q18. Écrire les demi-équations associées aux deux couples mis en jeu.

BTS BIOANALYSES EN LABORATOIRE DE CONTRÔLE		Session 2026
E4 – Physique-Chimie	Code : 26BAE42PC	Page : 7/9

Q19. Montrer que la valeur du pK_a du couple $C_6H_{12}O_7(aq) / C_6H_{11}O_7^-(aq)$ vaut 3,9 à 25 °C.

Q20. Tracer le diagramme de prédominance du couple $C_6H_{12}O_7(aq) / C_6H_{11}O_7^-(aq)$ en fonction du pH.

Q21. Indiquer, en justifiant la réponse, si une des deux espèces du couple prédomine au pH de 3,9.

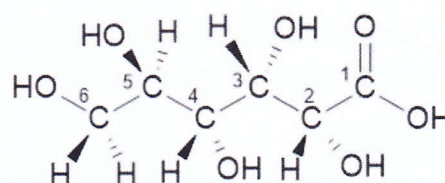
À ce pH, le miel peut constituer une solution tampon.

Q22. Indiquer les propriétés d'une telle solution.

B. L'acide gluconique (9 points)

L'acide gluconique $C_6H_{12}O_7$ est un acide organique obtenu par oxydation de la fonction aldéhyde du glucose $C_6H_{12}O_6$.

La représentation spatiale de l'acide gluconique sur laquelle la chaîne carbonée est numérotée est donnée ci-contre.



Q23. Recopier la molécule de l'acide gluconique sur la copie. Entourer les groupes caractéristiques présents et nommer les familles fonctionnelles associées en indiquant, le cas échéant, leur classe.

Q24. Déterminer le descripteur stéréochimique, *R* ou *S*, de l'atome de carbone n°2. Justifier en énonçant les règles utilisées.

Historiquement, l'acide gluconique pouvait être produit par oxydation chimique du glucose avec une solution aqueuse de dibrome Br_2 . Cette méthode présentait plusieurs inconvénients majeurs :

- le dibrome est toxique et corrosif, ce qui rend sa manipulation dangereuse ;
- la production génère des effluents difficiles à traiter, peu compatibles avec les exigences environnementales ;
- les coûts de production et de sécurité sont élevés.

Pour ces raisons, l'industrie a progressivement adopté une voie biotechnologique : l'oxydation enzymatique du glucose grâce à la glucose oxydase, une enzyme produite par des micro-organismes tels que *Aspergillus niger*.

Q25. Indiquer le rôle d'une enzyme.

Q26. Écrire les deux demi-équations électroniques intervenant lors de l'oxydation du glucose en acide gluconique en présence de la glucose oxydase. Les couples intervenant dans cette réaction sont $C_6H_{12}O_7(aq) / C_6H_{12}O_6(aq)$ et $O_2(aq) / H_2O_2(aq)$.

- Q27.** Écrire l'équation de la réaction globale d'oxydoréduction entre le glucose et le dioxygène.
- Q28.** Écrire, à l'aide des formules semi-développées ou topologiques, l'équation de la réaction modélisant la réaction entre l'acide gluconique et le méthanol CH_3OH en présence d'acide sulfurique.
- Q29.** Nommer la famille fonctionnelle dans le produit organique formé lors de cette réaction.

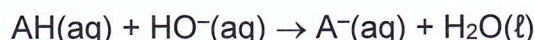
C. Mesure de la teneur en acides libres dans un miel (5 points)

La teneur en acides libres dans le miel peut traduire une altération de celui-ci, en particulier une fermentation.

Dans un laboratoire, la teneur en acides libres d'un miel avant sa commercialisation soit être mesuré. Il met en œuvre le protocole suivant :

- dissoudre 10,0 g de miel dans 75 mL d'eau dans un bécher ;
- immerger une électrode combinée de mesure de pH dans cette solution ;
- homogénéiser le mélange en agitant avec un agitateur magnétique ;
- mesurer le pH tout en versant progressivement, à l'aide d'une burette graduée, une solution titrante d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration $c_B = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Par simplification, on note AH les acides libres et admet que l'équation de la réaction support de titrage peut s'écrire :



Le volume à l'équivalence déterminé expérimentalement vaut : $V_E = 12,3 \text{ mL}$.

- Q30.** Citer les trois conditions nécessaires à une réaction pour qu'elle puisse être considérée comme support d'un titrage.
- Q31.** Définir l'équivalence d'un titrage.

L'annexe II du décret n° 2003-587 du 30 juin 2003 relatif au miel indique des caractéristiques que doit respecter un miel commercialisé, comme tel ou utilisé dans un produit quelconque destiné à la consommation humaine.

Pour la teneur en acides libres, il est indiqué :

- miel de table : inférieur à 50 milli-équivalents d'acides par kg ;
- miel destiné à l'industrie : inférieur à 80 milli-équivalents d'acides par kg.

L'unité « milli-équivalents par kg » correspond à la quantité de matière en mmol d'acides libres pour 1 kg de miel.

- Q32.** Déterminer si la teneur en acides libres dans ce miel lui permet d'être commercialisé dans un produit destiné à la consommation humaine.
Pour cette question, 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.

BTS BIOANALYSES EN LABORATOIRE DE CONTRÔLE		Session 2026
E4 – Physique-Chimie	Code : 26BAE42PC	Page : 9/9