

BTS BIOANALYSES ET CONTROLES



Session 2023

**Epreuve : Mathématiques et sciences-
physiques et chimiques**

Durée de l'épreuve : 2 heures

SUJET

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR BIOANALYSES ET CONTRÔLES

ÉPREUVE E2 - MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

SOUS-ÉPREUVE U22 - SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

SESSION 2023

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé :

Feuille de papier millimétré.

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

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

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante de l'appréciation des copies.

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.

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

Le sujet se compose de 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8

Document à rendre avec la copie :

Annexe 8/8

BTS BIOANALYSES ET CONTROLES		Session 2023
U22 - Sciences Physiques et Chimiques	Code : 23BAE2PC	Page : 1/8

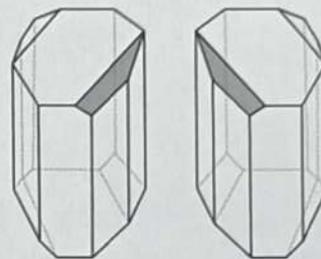
L'acide tartrique est issu des déchets de l'industrie vinicole : c'est en effet le principal acide contenu dans le raisin. C'est un additif alimentaire désigné par le code E334, autorisé dans la plupart des produits alimentaires. Il peut jouer le rôle d'antioxydant, de régulateur de pH ou de séquestrant (ligand formant des complexes chimiques avec des ions métalliques).

Partie A : La découverte de la chiralité (8,5 points)

En 1848, Pasteur étudie la ressemblance entre le tartrate et le paratartrate d'ammoniac et de soude. Il constate au microscope l'existence de formes géométriques spécifiques.

La cristallisation de l'acide paratartrique (ou acide racémique, du latin racemus : la grappe de raisins) fournit deux sortes de cristaux, semblables mais d'une symétrie parfaite.

Pasteur sépara sous le microscope et à la pince les deux sortes de cristaux, puis les mit à dissoudre séparément dans l'eau.

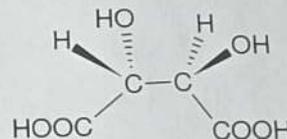


Cristaux symétriques d'acide paratartrique

Il constata qu'un type de cristaux donnait des solutions dextrogyres, les autres donnant des solutions lévogyres. Pasteur conclut que l'acide tartrique existait sous deux formes physiques symétriques, appelées aujourd'hui énantiomères.

Q.1. Définir les termes « dextrogyre » et « énantiomères ».

La forme L(+) de l'acide tartrique est la principale origine de l'acidité d'un vin, ci-contre, sa représentation en perspective :



Q.2. Dessiner en représentation de Fischer la forme L(+) de l'acide tartrique.

Q.3. Recopier la représentation en perspective de la forme L(+) de l'acide tartrique. Entourer et nommer les groupements fonctionnels de cette molécule.

Q.4. Indiquer sur la représentation précédente, par un astérisque le(s) atome(s) de carbone asymétrique(s) de cette molécule.

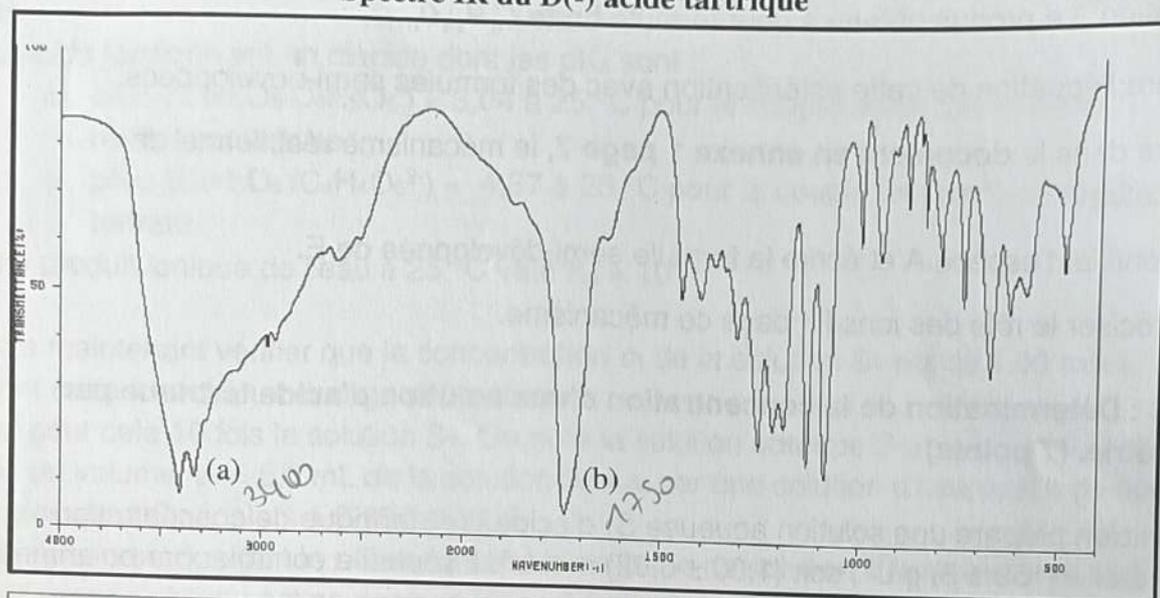
Q.5. Déterminer la configuration absolue des atomes de carbone asymétriques, en précisant les règles utilisées.

Données :

Élément	H	C	O
Z	1	6	8

La forme D(-) de l'acide tartrique, en moindre quantité dans le vin, présente le spectre IR ci-dessous.

Spectre IR du D(-) acide tartrique



Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Intensité
O-H alcool libre	3500 - 3700	forte, fine
O-H alcool lié	3200 - 3400 α	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
N-H amine	3100 - 3500 α	moyenne
N-H amide	3100 - 3500 α	forte
N-H amine ou amide	1560 - 1640	forte ou moyenne
C _{tri} - H	3000 - 3100	moyenne
C _{tét} - H	2800 - 3000	forte
C = O ester	1700 - 1740	forte
C = O amide	1650 - 1740	forte
C = O aldéhyde et cétone	1650 - 1730	forte
C = O acide	1680 - 1710	forte

Q.6. En utilisant l'extrait de tables IR fourni, ci-dessus, identifier en justifiant les deux bandes de vibration (a) et (b) les caractéristiques de cette molécule.

Partie B : Quelques réactions autour de l'acide tartrique (7 points)

L'acide tartrique de formule brute $C_4H_6O_6$ peut être obtenu lors de l'oxydation de l'acide maléique de formule $C_4H_4O_4$ par du permanganate de potassium en milieu basique.

CHAMPETIER, Chim. macro moléculaire, 1957, p. 71.

Les couples oxydant/réducteur sont : $C_4H_6O_6 / C_4H_4O_4$ et MnO_4^- / MnO_2

Q.7. Écrire les deux demi-équations d'oxydoréduction et en déduire l'équation de la réaction. Pour simplifier, ces équations seront écrites en milieu acide.

L'acide maléique et l'acide fumarique sont deux diacides diastéréoisomères, correspondants en nomenclature systématique à l'acide but-2-ène-1,4-dioïque. L'acide maléique est de configuration Z alors que l'acide fumarique est de configuration E.

Q.8. Représenter ces deux isomères en précisant leur nom.

En présence d'un excès d'éthanol et en milieu acide, l'acide tartrique subit une double estérification. Le produit obtenu a pour formule brute $C_8H_{14}O_6$.

Q.9. Ecrire l'équation de cette estérification avec des formules semi-développées.

On donne dans le **document en annexe 1 page 7**, le mécanisme réactionnel de l'estérification.

Q.10. Identifier l'espèce A et écrire la formule semi-développée de E.

Q.11. Préciser le rôle des ions H^+ dans ce mécanisme.

Partie C : Détermination de la concentration d'une solution d'acide tartrique par polarimétrie. (7 points)

Un technicien prépare une solution aqueuse S_1 d'acide L(+)-tartrique de concentration massique $c_1 = (150 \pm 3) \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, soit $(1,00 \pm 0,02) \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Il souhaite contrôler par polarimétrie la concentration de la solution préparée.

Il prépare alors une gamme de solutions étalon d'acide L(+)-tartrique à partir d'une solution mère commerciale de concentration $200 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (soit $200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

En utilisant un tube de longueur $\ell = 30,0 \text{ cm}$, il mesure le pouvoir rotatoire α de chacune des solutions préparées, ainsi que celui de la solution à analyser. L'incertitude-type de la mesure du pouvoir rotatoire vaut $0,06^\circ$.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Concentration c ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	0	40	80	120	160	200
α ($^\circ$)	0	1,5	3,1	4,4	6,1	7,3

Q.12. Le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]$ de l'acide L(+)-tartrique vaut $+0,125 \text{ }^\circ\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$. Donner la signification du signe +.

Q.13. Vérifier, par la méthode de votre choix, qui vous semble la plus précise, que les mesures de pouvoir rotatoire de la gamme ci-dessus suivent la loi de Biot et sont concordantes avec la valeur du pouvoir rotatoire spécifique de l'acide L(+)-tartrique.

Pour la solution S_1 , l'analyseur du polarimètre doit être tourné d'un angle $\alpha = 5,6^\circ$ pour rétablir l'équipénombre.

Q.14. Déterminer la concentration massique en acide L(+)-tartrique de la solution S_1 en appliquant la loi de Biot et en précisant son incertitude-type.

Q.15. Valider le contrôle de la concentration de la solution préparée par le technicien en justifiant la réponse à partir des données introductives de la partie C.

Partie D : Détermination de la concentration d'une solution d'acide tartrique par titrage pH-métrique (6,5 points)

Données :

- L'acide tartrique est un diacide dont les pK_a sont :
 - pK_{A1} ($C_4H_6O_6/C_4H_5O_6^-$) = 3,04 à 25 °C pour le couple acide tartrique/ion hydrogénéotartrate
 - pK_{A2} ($C_4H_5O_6^-/C_4H_4O_6^{2-}$) = 4,37 à 25 °C pour le couple ion hydrogénéotartrate/ion tartrate.
- Le produit ionique de l'eau à 25 °C vaut $K_e = 10^{-14}$.

On désire maintenant vérifier que la concentration c_1 de la solution S_1 est de $1,00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en procédant cette fois-ci à un dosage pH-métrique.

On dilue pour cela 10 fois la solution S_1 . On note la solution obtenue $S_{1\text{diluée}}$.

On dose un volume $V_1 = 5,0 \text{ mL}$ de la solution $S_{1\text{diluée}}$ par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_B égale à $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

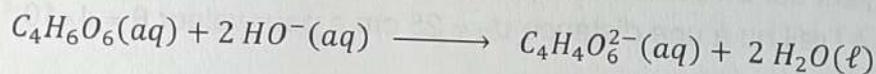
On trace la courbe donnant le pH en fonction du volume de solution d'hydroxyde de sodium versé. Le graphe obtenu est en **annexe page 8 à rendre avec la copie**.

Q.16. Indiquer le volume de solution S_1 à prélever, ainsi que la verrerie utilisée pour préparer 50,0 mL de $S_{1\text{diluée}}$.

Q.17. En vous appuyant sur les valeurs des pK_a , expliquer pourquoi la courbe pH-métrique ne présente qu'un seul saut de pH .

Q.18. Déterminer, en utilisant la méthode des tangentes, le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Faire apparaître les tracés nécessaires sur le document réponse situé en annexe 2 à rendre avec la copie.

On donne l'équation de la réaction support du titrage :



Q.19. Déterminer, en détaillant le calcul, la concentration c_1 de la solution S_1 et conclure.

Partie E : Étude de la solubilité de l'hydrogénéotartrate de potassium (4,5 points)

Données concernant l'hydrogénéotartrate de potassium :

- masse molaire $M = 188,2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- produit de solubilité à 20°C $K_s = 9,2 \times 10^{-4}$.

L'hydrogénéotartrate de potassium est un composé organique, sous-produit de la vinification, de formule $KC_4H_5O_6$. Il est utilisé en France comme additif (E336) en tant que stabilisant et régulateur de pH.

BTS BIOANALYSES ET CONTROLES		Session 2023
U22 – Sciences Physiques et Chimiques	Code : 23BAE2PC	Page : 5/8

Q.20. Écrire l'équation de dissolution de l'hydrogénotartrate de potassium dans l'eau, en précisant les états physiques des réactifs et des produits.

Q.21. Exprimer la solubilité s de l'hydrogénotartrate de potassium en fonction de son produit de solubilité K_s , en négligeant les propriétés acido-basiques de l'ion hydrogénotartrate.

Q.22. Calculer, en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ puis en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, la solubilité de l'hydrogénotartrate de potassium.

Partie F : Étude des cristaux d'acide tartrique au microscope (6,5 points)

Afin de mettre en évidence la chiralité, Pasteur a étudié des cristaux d'acide tartrique au microscope.

On se propose dans cette partie d'étudier quelques propriétés d'un microscope optique. On considère pour cela un cristal d'acide tartrique, de taille $AB = 100 \mu\text{m}$.

Le microscope optique étudié possède les caractéristiques suivantes :

- Objectif : lentille L_1 de centre optique O_1 et de distance focale $f'_1 = 4,0 \text{ mm}$;
- Oculaire : lentille L_2 de centre optique O_2 et de distance focale $f'_2 = 2,0 \text{ cm}$;
- Intervalle optique $\Delta = \overline{F'_1 F'_2} = 16,0 \text{ cm}$;
- Distance minimale de vision distincte pour un œil emmétrope $d_m = 25 \text{ cm}$;
- Grossissement commercial $G_C = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{\Delta \times d_m}{f'_1 \times f'_2}$;
- Approximations des petits angles : $\sin \theta = \theta$ et $\tan \theta = \theta$ avec θ en rad.

Q.23. Indiquer la position de l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB , afin d'avoir une image définitive $A'B'$ rejetée à l'infini.

Q.24. Calculer le grossissement commercial G_C du microscope.

Q.25. En s'appuyant sur un schéma simple, montrer que l'angle θ sous lequel on voit le cristal d'acide tartrique à l'œil nu à une distance $d_m = 25 \text{ cm}$ a pour valeur $\theta = 4 \times 10^{-4} \text{ rad}$.

Q.26. Calculer l'angle θ' sous lequel le cristal d'acide tartrique est vu à travers le microscope.

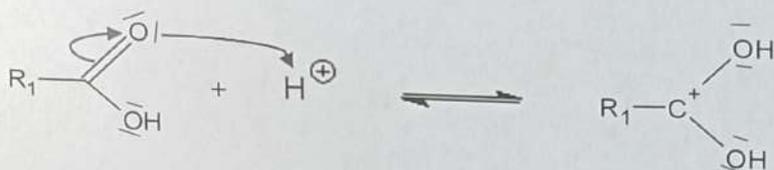
Le pouvoir de résolution de l'œil a pour valeur $\theta_E = 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$.

Q.27. Indiquer, en justifiant la réponse, si le cristal d'acide tartrique est visible à l'œil nu.

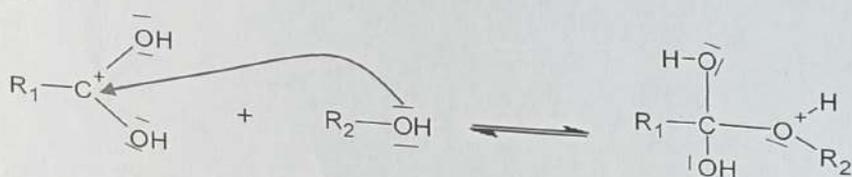
Q.28. Préciser alors l'intérêt du microscope.

ANNEXE 1 : Mécanisme réactionnel de l'estérification

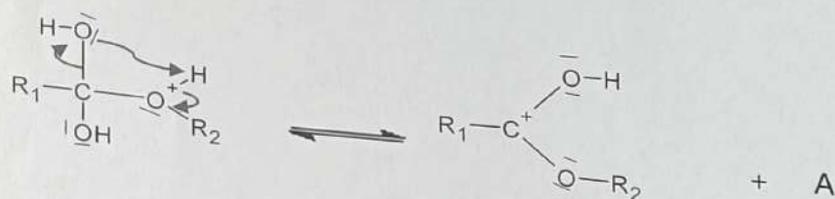
Etape 1 :



Etape 2 :



Etape 3 :



Etape 4 :

