

Terminale spécialité

JANVIER 2024

PHYSIQUE-CHIMIE

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 collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.

***Vous mettrez votre nom sur la première page de l'énoncé.
L'énoncé EN ENTIER est à rendre avec la copie.
Il sera tenu compte de la propreté de la copie
De plus on tiendra compte du respect des chiffres significatifs dans les résultats.***

Nom.....Prénom.....

EXERCICE A. L'EAU DE BOISSON DES POULES (9 points)

Mots-clés : titrage colorimétrique, oxydoréduction, incertitude, chimie organique, acide-base, diagramme de prédominance, K_a

Dans un élevage, l'eau de boisson des poules doit être constamment traitée. Elle doit être désinfectée tout au long de la chaîne de distribution, par exemple avec du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , aussi appelé eau oxygénée.

Afin d'éviter le développement d'une flore intestinale pathogène et de servir de vermifuge, le pH de l'eau doit être constamment maintenu entre 5,5 et 6,5.

Données :

- Masse molaire du peroxyde d'hydrogène : $M(H_2O_2) = 34,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Couples d'oxydoréduction mis en jeu :
 - $H_2O_2(aq) / H_2O(l)$
 - $O_2(g) / H_2O_2(aq)$
 - $MnO_4^-(aq) / Mn^{2+}(aq)$
- Réaction de dismutation du peroxyde d'hydrogène : $2 H_2O_2(aq) \rightleftharpoons 2 H_2O(l) + O_2(g)$

L'eau oxygénée H_2O_2 subit cette réaction spontanée de dismutation mais lente à température ambiante, voire très lente à la température d'un réfrigérateur.

Le récipient contenant le peroxyde d'hydrogène doit être conservé à l'abri de la lumière afin de ne pas accélérer la réaction de dismutation.

- Valeurs de pK_A à 25 °C du couple acide-base associé :
 - au peroxyde d'hydrogène : $H_2O_2(aq) / HO^-(aq)$ $pK_{A_2} = 11,7$;
 - à l'acide acétique : $C_2H_4O_2(aq) / C_2H_3O^-(aq)$ $pK_A = 4,8$.
- Valeur de la concentration standard $C^\circ = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

PARTIE A : Le traitement de l'eau de boisson d'un élevage industriel de poules

L' OXYDOSANE est un décontaminant et acidifiant des eaux de boisson pour animaux. Il est notamment utilisé dans les élevages de poules pondeuses.

C'est une solution composée notamment de peroxyde d'hydrogène. La concentration en masse en peroxyde d'hydrogène dans celle-ci est de $248 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Mode d'emploi (d'après le fabricant GEOSANE) :

Norme 1 : Pour la désinfection et l'acidification (présence de poules dans l'élevage)

- Incorporer OXYDOSANE à raison de 100 mL pour un total de 1000 L d'eau.
- Dose à adapter en fonction du pH souhaité et de la désinfection nécessaire.

Norme 2 : Durant le vide sanitaire (absence de poules dans l'élevage)

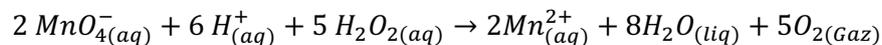
- Incorporer OXYDOSANE à raison de 2,00 L pour un total de 100 L d'eau.
- Temps de contact : au minimum 1 h.
- Faire suivre d'un long rinçage.

A. Décontamination de l'eau en fin de chaîne des abreuvoirs

Afin de vérifier que l'eau de boisson de l'élevage est toujours désinfectée en fin de chaîne, l'éleveur prélève $V_1 = 20,00 \pm 0,05 \text{ mL}$ de cette eau et décide de déterminer sa concentration c_1 en quantité de matière de peroxyde d'oxygène H_2O_2 .

Pour cela, il procède au titrage du peroxyde d'oxygène présent dans le volume V_1 prélevé, par une solution de permanganate de potassium ($K_{(aq)}^+, MnO_4^-(aq)$) acidifiée de concentration en quantité de matière d'ions permanganate égale à $[MnO_4^-]_i = c_0 = (1,00 \pm 0,04) \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :



Lors de ce titrage colorimétrique, le volume obtenu à l'équivalence est de $V_{eq} = (6,60 \pm 0,05) \text{ mL}$.

L'incertitude type $u(c_1)$ sur la concentration c_1 se calcule à l'aide de la formule :

$$u(c_1) = c_1 \times \sqrt{\left(\frac{u(V_{eq})}{V_{eq}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_1)}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{u(c_0)}{c_0}\right)^2}$$

Couleur des espèces chimiques en solution :

Ion permanganate MnO_4^-	Ion hydrogène H^+	Peroxyde d'oxygène H_2O_2	Ion manganèse Mn^{2+}
violette	incolore	incolore	incolore

1. Dans cet exercice, on détermine la concentration de la solution par titrage.

Indiquer deux différences qui distinguent un dosage par titrage et un dosage par étalonnage ?

2. Dessiner le montage pour réaliser le titrage.

Y faire apparaître les solutions utilisées dans chaque partie du montage.

3. Quel matériel est utilisé par l'éleveur pour prélever le volume V_1 ?
4. Écrire les demi-équations électroniques mises en jeu lors du titrage permettant de retrouver l'équation de la réaction d'oxydo-réduction support du titrage.
Faire apparaître les couples oxydant/réducteur mis en jeu
Indiquer laquelle est l'oxydation ? la réduction ?
5. Rappeler les critères que doivent remplir une réaction chimique pour être exploitée en tant que réaction de titrage.
6. Définir l'équivalence du titrage.
Indiquer comment la repérer expérimentalement. Soyez précis dans la réponse et bien justifier en vous aidant du tableau donné des couleurs des espèces chimiques en solution.
7. Déterminer la valeur de la concentration c_1 et de son incertitude type associée $u(c_1)$.
8. En déduire la concentration en masse en eau oxygénée c_{m1} de cette solution titrée.
9. Déterminer la concentration en masse de H_2O_2 de la solution fille obtenue à partir de la solution d'OXYDOSANE de concentration en masse en peroxyde d'hydrogène de $248 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ en appliquant le protocole de la norme 1.
10. Faire de même avec le protocole de la norme 2.
11. En déduire quelle norme 1 ou 2 semble avoir été suivi par l'éleveur.
12. Le fabricant préconise de placer le bidon d'OXYDOSANE, une fois ouvert, dans un endroit sombre et frais. Il peut ainsi être conservé pendant un mois. Passé ce délai, la désinfection n'est plus garantie.
A l'aide d'une donnée apportée en début de sujet, justifier ce mode de conservation.

PARTIE B : Le traitement de l'eau de boisson des poules d'un particulier

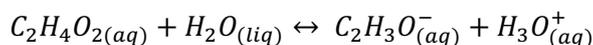
Un particulier possédant des poules doit aussi acidifier l'eau de boisson pour le bien-être et la bonne santé de ses poules. Le pH de cette eau doit être de 6 environ. Pour cela, il dilue du vinaigre dans de l'eau et obtient ainsi une solution aqueuse d'acide acétique de concentration en quantité de matière $c_3 = 1,60 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Étude de la formule de la molécule d'acide acétique

13. Écrire la formule topologique de l'acide acétique.
14. Entourer le groupe fonctionnel et nommer le nom de ce groupe ET la famille à laquelle il appartient.
15. Donner le nom de l'acide acétique dans la nomenclature internationale.

L'acide acétique en solution

L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre l'acide acétique et l'eau s'écrit :



16. Représenter le diagramme de prédominance associé au couple $C_2H_4O_{2(aq)}/C_2H_3O_{(aq)}^-$
17. A $pH = 9$ quelle serait l'espèce dominante ? Bien justifier votre réponse.
18. Exprimer la constante d'acidité K_A du couple $C_2H_4O_{2(aq)}/C_2H_3O_{(aq)}^-$
19. À partir de l'expression de la constante d'acidité K_A , retrouver la relation :

$$pH = pK_A + \log \left(\frac{[C_2H_3O_{(aq)}^-]}{[C_2H_4O_{2(aq)}]} \right)$$

20. (Commentaire du prof : Question difficile) Calculer le pH réel de cette solution et vérifier si le particulier respecte la norme d'acidification pour l'eau de boisson de ses poules.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'est pas aboutie. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

EXERCICE B. LE « TWEENER-LOB » OU LE COUP ENTRE LES JAMBES (6 points)

Mots-clés : Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme, étude énergétique.

Lors des huitièmes de finale de Roland Garros en 2022, Carlos Alcaraz a réalisé un « tweener-lob » contre Karen Khachanov. Pour que le « tweener-lob » soit réussi, la balle doit passer au-dessus de l'adversaire et retomber avant la ligne de fond de court.

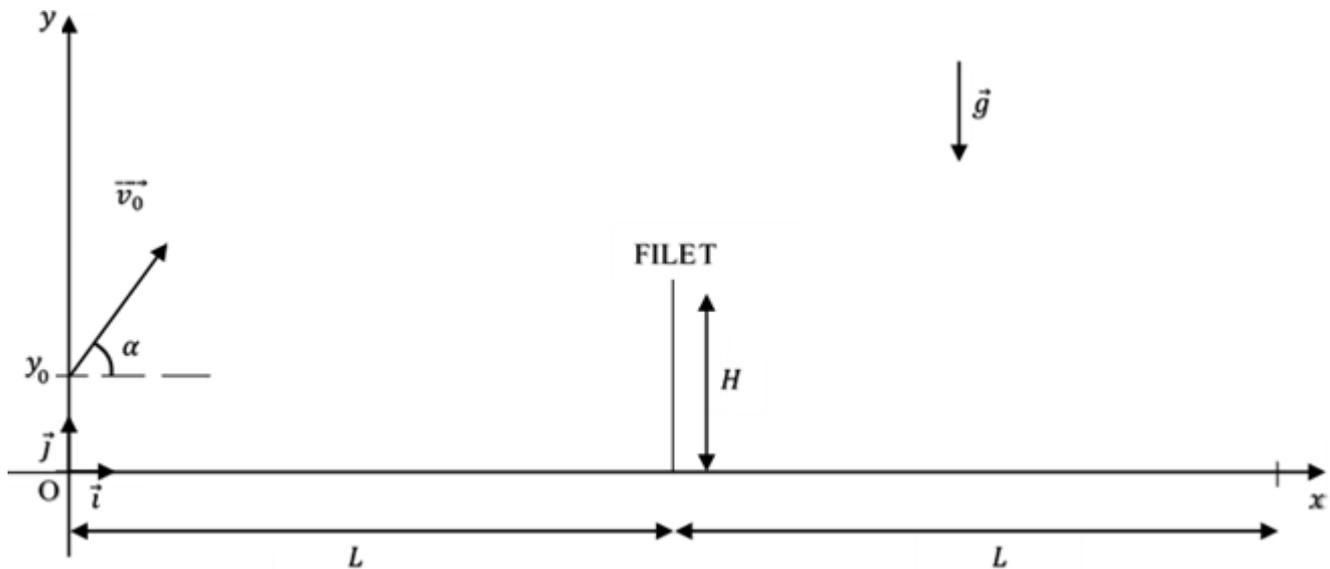
On s'intéresse dans cet exercice à ce geste tennistique. L'étude sera menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen et le système {balle} sera considéré comme un point matériel noté G . On négligera tout type de frottement.



Le tweener lobé de Carlos Alcaraz contre Khachanov en huitièmes de finale de Roland-Garros 2022.

Carlos Alcaraz est situé sur la ligne de fond de court lorsqu'il joue son « tweener-lob ».

Il frappe la balle à une hauteur $y_0 = 30,0$ cm et lui communique une vitesse \vec{v}_0 contenue dans un plan vertical, de valeur $v_0 = 55,1$ km \cdot h $^{-1}$, et formant un angle $\alpha = 48,0^\circ$ avec l'horizontale.



Données :

- accélération de pesanteur : $g = 9,81$ m \cdot s $^{-2}$;
- masse de la balle : $m = 58,5$ g ;
- longueur entre la ligne de fond de court et le filet : $L = 12,0$ m ;
- hauteur du filet : $H = 0,914$ m.

PARTIE A : Étude du mouvement de la balle lors du « tweener-lob »

1. Pourquoi peut-on dire que la balle est en chute libre ?

Pour répondre à cette question, vous rappellerez la définition d'une chute libre.

2. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées du vecteur accélération lors du mouvement de la balle dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) . Bien détaillé tout le raisonnement.

3. La balle est frappée à la date $t = 0$ s.

Déterminer, en détaillant chaque étape de votre raisonnement, les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du point G dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j})

4. En déduire que l'équation de la trajectoire de la balle est $y = -0,047 x^2 + 1,1 x + 0,30$

5. L'adversaire Karen Khachanov se situe à 3,0 m du filet et le tamis de sa raquette est alors à une hauteur de 4,0 m lorsque Carlos Alcaraz tente de le lobber.

Déterminer si la balle jouée par C. Alcaraz passe au-dessus de la raquette de son adversaire.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'est pas aboutie. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

PARTIE B : Étude énergétique du mouvement de la balle

On choisira un axe vertical ascendant et une énergie potentielle de pesanteur nulle à l'origine du repère (O, \vec{i}, \vec{j})

À $t = 0$ s, la balle est située au point $(x_0 = 0 ; y_0 = 0,30 \text{ m})$ avec une vitesse $v_0 = 55,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

6. Rappeler la définition de l'énergie mécanique E_m de la balle.

7. Exprimer l'énergie mécanique $E_m(0)$ de la balle à $t = 0$ s, en fonction de m , g , v_0 et y_0 .

Calculer sa valeur.

8. Indiquer sous quelle condition s'applique la conservation de l'énergie mécanique.

9. Calculer la valeur de la vitesse de la balle v_f quand elle retombe au sol. Indiquer si la valeur réellement mesurée par le radar du terrain sera supérieure ou inférieure à celle calculée. Justifier.

EXERCICE C. FETE DE LA MUSIQUE (5 points)

Mots-clés : Ondes sonores, Intensité, Niveau sonore.

La fête de la musique est un événement populaire, inscrit dans les grands rendez-vous de l'année. x L'un de ses principes fondateurs est la spontanéité, ce qui a rendu l'édition 2021 particulièrement complexe à organiser en raison de la situation sanitaire.

La formule qui a été imaginée a permis d'éviter les attroupements : des chars ont été utilisés afin de réaliser des parcours en ville et venir offrir ainsi des aubades aux habitants, sous leurs fenêtres, sous leurs balcons, devant leurs jardins...

Sur ces chars, des petits orchestres ou des DJ ont été installés.

Soucieux de bien appliquer la réglementation, un DJ s'interroge sur le réglage de sa sono. En effet, le bruit du tracteur va s'ajouter au son de sa musique et il craint de dépasser le niveau sonore maximal autorisé fixé à 102 dB suite à la parution d'un décret au journal officiel.

L'objectif de l'exercice est de voir si le DJ doit adapter le réglage de sa sono ou s'il peut l'utiliser sans modification.



Données :

- Le niveau d'intensité sonore de la sono est réglé à $L_1 = 100$ dB à une distance de 2 m de celle-ci lors des concerts traditionnels, c'est-à-dire sans tracteur.
- L'intensité sonore du tracteur utilisé vaut $I_2 = 1,00 \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ à 2 m du tracteur.
- L'intensité sonore de référence : $I_0 = 1,00 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Partie A : Ondes

1. Donner la définition d'une onde.
2. Définir les termes d'onde mécanique puis d'ondes non mécaniques.

Indiquer à quelle catégorie d'onde (mécanique ou non mécanique) appartiennent les ondes sonores.

3. Une onde dite périodique, présente deux types de périodicité.

Pour chaque périodicité donner la définition. Vous préciserez dans la définition, son nom, son symbole et son unité.

4. Quelle grandeur physique lie ces deux périodicités ? Rappeler la formule, en précisant les unités.
5. Donner la définition et l'unité de la notion de fréquence d'une onde.

Partie B : Étude de quelques niveaux d'intensité sonores

6. Exprimer l'intensité sonore I_1 de la sono réglée pour les concerts traditionnels en fonction de L_1
7. Vérifier que I_1 est égale à $1,00 \times 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
8. Calculer l'intensité sonore I_{tot} émise par l'ensemble {tracteur + sono}.
9. En déduire le niveau d'intensité sonore L_{tot} correspondant à I_{tot}
10. Indiquer, en justifiant, si le DJ a besoin de faire de nouveaux réglages de sa sono pour cette fête de la musique si particulière.
11. Préciser, sans calcul, si un spectateur situé sur le trottoir à 10 m de la source {tracteur + sono} perçoit un niveau sonore supérieur, égal ou inférieur à L_{tot} . Justifier.
12. Répondre à la même question que précédemment pour un habitant, situé à 2 m de la source {tracteur + sono}, qui regarde passer le char derrière la fenêtre fermée de sa cuisine.

Partie C : Étude d'un solo de trompette

Le DJ diffuse un solo de trompette.

Un spectateur enregistre une note de ce solo de trompette lorsque le char s'arrête devant lui (le moteur du tracteur est alors à l'arrêt). Il obtient, après traitement, l'enregistrement ci-dessous.

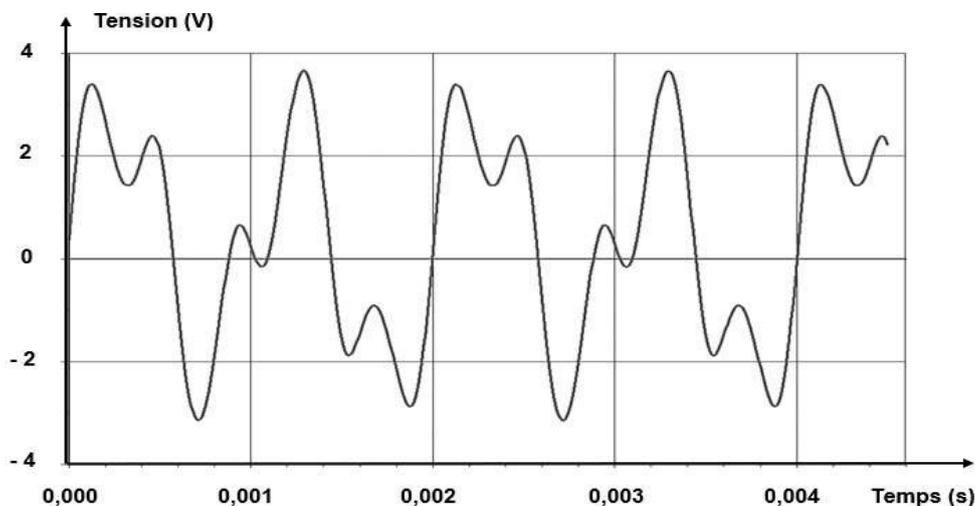


Figure 1 : Enregistrement de la note jouée par le trompettiste.

13. À partir de la **figure 1**, déterminer la fréquence f de la note émise par le trompettiste en explicitant la démarche.
14. Le DJ s'intéresse à la sensibilité de l'oreille humaine normale en fonction de la fréquence et du niveau d'intensité sonore, illustrée par le diagramme de FLETCHER et MUNSON de la **figure 2**.

Ce diagramme représente des courbes de même perception des sons par une oreille humaine normale (courbes isosoniques).

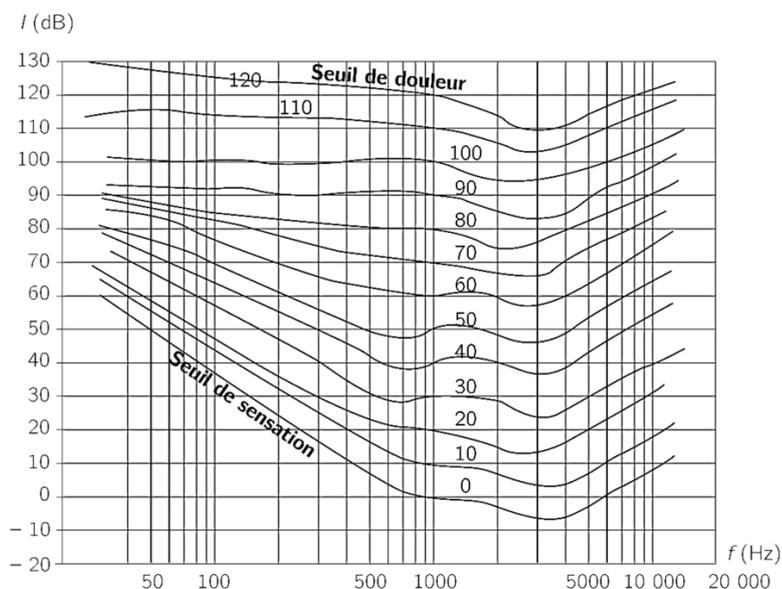


Figure 2 : Diagramme de FLETCHER et MUNSON

Indiquer, en justifiant, si le seuil de douleur est atteint pour un spectateur placé à 2 m du char, lorsque la note de fréquence f émise par le trompettiste est diffusée.