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 STL, veuillez visiter :
bacstl.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

Mercredi 11 septembre 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Physique-Chimie et Mathématiques

Durée de l'épreuve : **3 heures**

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 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

PHYSIQUE-CHIMIE ..... 14/20 points
MATHÉMATIQUES ..... 6/20 points

La page numérotée 9/9 est à rendre avec la copie.

EXERCICE 1 (5 points)

(physique-chimie et mathématiques)

Le pentaoxyde de diazote

Le pentaoxyde de diazote $\mathrm{N_2O_5}$ est un puissant oxydant utilisé en synthèse organique. Il possède comme particularité d'être un (NO_x) solide à température ambiante. Sa manipulation requiert un soin tout particulier puisqu'à température ambiante, il peut se décomposer selon la transformation modélisée par la réaction d'équation :

$$\mathrm{N_2O_5} \longrightarrow 2\,\mathrm{NO_2} + \frac{1}{2}\,\mathrm{O_2}$$

On se propose d'étudier la cinétique de cette réaction.

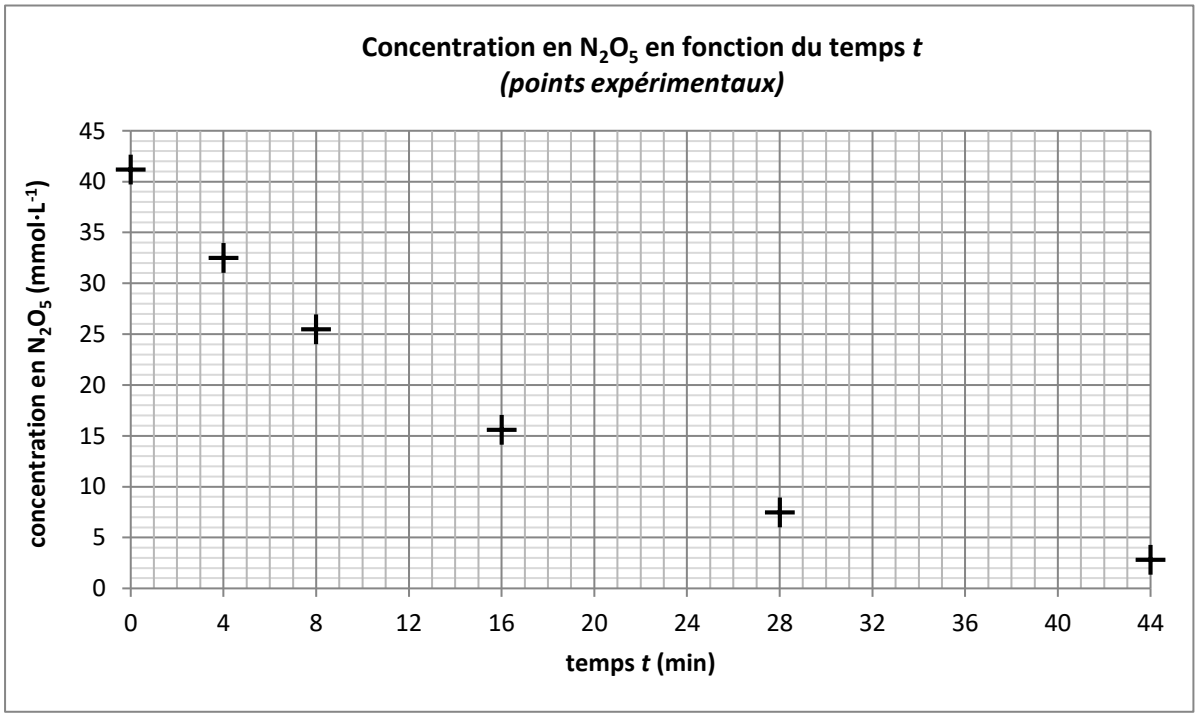
On introduit initialement, dans un réacteur de volume V égal à $1{,}0\ \mathrm{L}$, une masse m égale à $4{,}4\ \mathrm{g}$ de pentaoxyde de diazote.

Données : masses molaires atomiques respectives des éléments azote et oxygène $M(\mathrm{N}) = 14\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$ et $M(\mathrm{O}) = 16\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$.

1. Montrer que la concentration en quantité de matière en $\mathrm{N_2O_5}$ à l'instant initial dans le réacteur est $[\mathrm{N_2O_5}]_0 = 41\ \mathrm{mmol \cdot L^{-1}}$.

On note t le temps écoulé à partir de l'introduction de la masse m. On effectue six mesures expérimentales de la concentration de pentaoxyde de diazote $\mathrm{N_2O_5}$ dans le réacteur, notée $[\mathrm{N_2O_5}]_t$, pour $t = 0\ \mathrm{min}$, $t = 4\ \mathrm{min}$, $t = 8\ \mathrm{min}$, $t = 16\ \mathrm{min}$, $t = 28\ \mathrm{min}$ et $t = 44\ \mathrm{min}$. On souhaite modéliser l'évolution de la concentration de pentaoxyde de diazote $\mathrm{N_2O_5}$ par une fonction f donnant la concentration de pentaoxyde de diazote $\mathrm{N_2O_5}$ dans le réacteur, exprimée en millimoles par litre, en fonction du temps exprimé en minutes.

Le document ci-dessous présente les points expérimentaux :



Pour une réaction d'ordre 0, on rappelle que la vitesse volumique de disparition est constante au cours du temps.

2. Justifier qu'on peut écarter l'hypothèse d'une cinétique d'ordre 0 par rapport au réactif pentaoxyde de diazote $\mathrm{N_2O_5}$.

On fait l'hypothèse que la réaction suit une cinétique d'ordre 1 par rapport au réactif pentaoxyde de diazote $\mathrm{N_2O_5}$, c'est-à-dire que la vitesse volumique de disparition du réactif vérifie la loi $v_{\mathrm{disp\ (N_2O_5)}}(t) = k \times [\mathrm{N_2O_5}]_t$ où k est la constante de vitesse.

En conséquence, on admet que la fonction f est solution de l'équation différentielle du premier ordre suivante :

$$y' + k \times y = 0$$

3. Vérifier que la fonction f définie sur l'intervalle $[0\,;44]$ par $f(t) = 41 \times e^{-kt}$ est la solution de l'équation différentielle qui vérifie la condition initiale $f(0) = 41$.

4. Montrer que $\ln(f(t)) = -kt + \ln(41)$.

On a représenté, dans le **document réponse DR1 page 9 à rendre avec la copie,** le logarithme népérien de la concentration de pentaoxyde de diazote obtenue dans l'expérience pour $t = 0\ \mathrm{min}$, $t = 4\ \mathrm{min}$, $t = 8\ \mathrm{min}$, $t = 16\ \mathrm{min}$, $t = 28\ \mathrm{min}$ et $t = 44\ \mathrm{min}$. La droite tracée approxime les points.

5. Justifier que l'hypothèse d'une cinétique d'ordre 1 par rapport au réactif pentaoxyde de diazote $\mathrm{N_2O_5}$ est compatible avec les données expérimentales.

6. Déterminer le coefficient directeur de la droite tracée sur le **document réponse DR1 page 9 à rendre avec la copie**.

7. En déduire que la valeur de la constante de vitesse k est environ égale à $0{,}063\ \mathrm{min^{-1}}$.

8. Calculer la valeur de $\ln\left(\frac{[N_2O_5]_0}{2}\right)$ puis résoudre graphiquement l'équation $f(t) = 20{,}5$ en laissant la trace permettant de comprendre la lecture réalisée sur le **document réponse DR1 page 9 à rendre avec la copie**.

9. Grâce à l'expression $f(t) = [\mathrm{N_2O_5}]_t = [\mathrm{N_2O_5}]_0 \times e^{-kt}$, montrer que le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ s'exprime par la relation :

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}.$$

10. Calculer la valeur numérique du temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

11. Comparer les résultats des questions 8 et 10.

EXERCICE 2 (6 points)

(physique-chimie)

Vitesse de sédimentation d'une hématie

La détermination de la vitesse de sédimentation d'une hématie (globule rouge) est un test couramment réalisé au laboratoire d'analyses biologiques pour surveiller l'état inflammatoire d'un patient.

Une des méthodes utilisées est la méthode de Westergreen. Elle consiste, dans un premier temps, en la réalisation d'un mélange constitué de sang issu du prélèvement réalisé sur le patient avec un anticoagulant puis, dans un second temps, en son introduction dans un long tube vertical gradué. Le biologiste dépose alors le tube verticalement sur son support et laisse « décanter » le mélange. En effet, les hématies sédimentent, c'est-à-dire qu'elles descendent au fond du tube tandis que le haut du tube est constitué du plasma sanguin. Au bout d'une durée τ, Le biologiste mesure la hauteur de la colonne de plasma sanguin dépourvue d'hématies.

L'objectif de cet exercice est de déterminer un ordre de grandeur de la « durée caractéristique » nécessaire à ce protocole.

On modélise la chute d'une hématie dans le plasma sanguin par le mouvement rectiligne d'un point matériel noté G selon un axe (O, $\vec{k}$) vertical dirigé vers le bas, avec $\vec{k}$ un vecteur unitaire. La norme de la vitesse instantanée $v(t)$ est donc égale à celle de la coordonnée du vecteur vitesse selon l'axe (O, $\vec{k}$) à l'instant t. Le point matériel G est notamment soumis à une force de frottement fluide, notée $\overrightarrow{F_f}$, et à la poussée d'Archimède $\overrightarrow{P_A}$ due au plasma sanguin. L'étude est menée jusqu'à la question 8 dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Données :

- masse volumique d'une hématie : $\mu_H = 1300\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$;
- masse volumique du plasma sanguin : $\mu_P = 1060\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$;
- rayon d'une hématie assimilée à une sphère : $r = 2{,}0 \times 10^{-6}\ \mathrm{m}$;
- intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$;
- coefficient de frottement : $k = 4{,}9 \times 10^{-8}\ \mathrm{kg \cdot s^{-1}}$.

Relations :

- volume d'une sphère : $V = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$;
- expression de la force de frottement fluide qui s'exerce sur une hématie : $\overrightarrow{F_f} = -k \times \vec{v}$ avec $\vec{v}$ la vitesse instantanée de chute de l'hématie ;
- expression de la poussée d'Archimède $\overrightarrow{P_A}$ qui agit sur une hématie :

$$\overrightarrow{P_A} = -\frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \times \mu_P \times \vec{g}$$

1. Préciser la troisième force qui, en plus de $\overrightarrow{F_f}$ et $\overrightarrow{P_A}$, s'exerce sur le point matériel G et est à l'origine de sa chute.

2. Appliquer la seconde loi de Newton au point matériel G de masse m afin de déterminer la relation entre son accélération $\vec{a}$ et les trois vecteurs forces s'appliquant sur lui.

Dans la suite de l'exercice, on considère le régime permanent établi : la norme de la vitesse instantanée $v(t)$ du point matériel G est supposée avoir atteint une valeur v_{lim} constante appelée vitesse limite.

3. Simplifier la relation vectorielle écrite à la question 2 sans chercher à expliciter les trois vecteurs forces.

4. Donner les coordonnées de chaque force selon l'axe (O, $\vec{k}$) vertical dirigé vers le bas.

5. Sans souci d'échelle, représenter, sur un schéma clairement légendé, les trois forces modélisant les actions mécaniques s'exerçant sur une hématie modélisée par un point matériel noté G.

Un calcul non demandé permet de déduire l'expression de la vitesse limite v_{lim} de ce qui précède :

$$v_{\text{lim}} = \frac{4 \times \pi \times r^3 \times g \times (\mu_H - \mu_P)}{3 \times k}$$

6. Calculer la valeur de la vitesse limite v_{lim} en exprimant le résultat avec deux chiffres significatifs et dans l'unité du système international. L'application numérique devra être posée.

On prend pour la suite la valeur approchée $v_{\text{lim}} = 2 \times 10^{-6}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

7. Déterminer la distance parcourue par une hématie ayant atteint cette vitesse limite pour une durée de $1\ \text{h}$.

On considère qu'une distance parcourue par les hématies de l'ordre de $5\ \text{mm}$ en fin de sédimentation permet une mesure avec une incertitude minimale.

8. Conclure quant à la pertinence d'une durée d'examen $\tau = 1\ \text{h}$.

Pour diminuer la durée d'examen, il est possible d'utiliser une « ultracentrifugation ». Dans ce cas, l'expression de la norme de la vitesse limite, notée $v_{\text{lim,u}}$, devient dans le référentiel d'étude :

$$v_{\text{lim,u}} = \frac{4 \times \pi \times r^3 \times a \times (\mu_H - \mu_P)}{3 \times k}$$

où a représente la norme de l'accélération à laquelle est soumis l'échantillon placé dans la centrifugeuse. On précise qu'une centrifugeuse est un appareil avec lequel le technicien peut soumettre l'échantillon à de grandes valeurs d'accélération.

9. Expliquer l'intérêt d'une accélération de norme la plus grande possible.

EXERCICE 3 (4 points)

(mathématiques)

Dans cet exercice, les quatre questions sont indépendantes.
Il faut traiter les quatre questions.

Question 1

Soit f la fonction définie sur $\mathbb{R}$ par $f(x) = 3e^{5x} + 1$.
Calculer $f(0)$ en détaillant les calculs.

Question 2

Résoudre sur l'intervalle $]-\frac{1}{2}; +\infty[$ l'équation $\ln(2x+1) = 7$.

Question 3

Soit g la fonction définie sur $\mathbb{R}$ par $g(x) = 9x^2 + 10x$.
Déterminer une primitive G de g sur $\mathbb{R}$.

Question 4 :

Soit f la fonction définie sur $\mathbb{R}$ par $f(x) = 3x^2 + 7$.
On note F la fonction primitive de f définie sur $\mathbb{R}$ par $F(x) = x^3 + 7x$.
Déterminer

$$\int_0^1 f(x)\,dx.$$

EXERCICE 4 (5 points)

(physique-chimie)

Les éthylotests sont des détecteurs d'éthanol qui mettent en œuvre des réactions d'oxydoréduction. Cet exercice a pour but de comprendre leur fonctionnement.

L'alcool contenu dans les boissons est l'éthanol, de formule semi-développée CH_3CH_2OH. L'éthanol est absorbé, passe dans le tube digestif puis dans le sang.

La concentration en masse d'éthanol dans le sang est appelée alcoolémie. Sa valeur maximale est atteinte une demi-heure après l'ingestion, si l'on est à jeun, ou en une heure, si l'on a mangé.

L'estimation de cette alcoolémie est faite à partir d'une mesure réalisée sur un volume d'air expiré. On admet que l'alcoolémie est proportionnelle à la concentration en masse de l'éthanol dans l'air expiré : $0{,}25\ \text{mg}$ d'éthanol par litre d'air expiré correspond à une alcoolémie de $0{,}50\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données :

- Couples oxydant/réducteur :
  - Ion dichromate (jaune) / ion chrome (III) (vert) : $Cr_2O_{7\,(aq)}^{2-}$/ $Cr^{3+}{}_{(aq)}$.
  - Acide éthanoïque (incolore) / éthanol (incolore) : $CH_3COOH_{(aq)}/CH_3CH_2OH_{(aq)}$.

    L'équation de demi-réaction associée s'écrit :

    $$CH_3CH_2OH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COOH_{(aq)} + 4\,H^+{}_{(aq)} + 4\,e^-$$
  - Ion permanganate (violet) / ion manganèse (incolore) : $MnO_{4\,(aq)}^-/Mn^{2+}{}_{(aq)}$.
- Masse molaire de l'éthanol : $M_1 = 46{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Masse molaire du dichromate de potassium : $M_2 = 294\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Le premier appareil permettant d'estimer la quantité d'alcool dans l'air expiré, de façon suffisamment fiable et hors laboratoire, est mis au point par Rolla N. Harger de l'Université de l'Indiana en 1931. La personne souffle dans un ballon. L'air contenu dans ce dernier traverse ensuite une solution de permanganate de potassium (K^+, MnO_4^-) acidifiée par de l'acide sulfurique. En cas de test positif, les ions permanganate sont totalement consommés.

L'équation modélisant la transformation chimique mise en jeu lors de ce test est :

$$4\,MnO_{4\,(aq)}^- + 12\,H^+{}_{(aq)} + 5\,CH_3CH_2OH_{(aq)} \rightarrow 4\,Mn^{2+}{}_{(aq)} + 11\,H_2O_{(l)} + 5\,CH_3COOH_{(aq)}$$

1. À l'aide de l'équation écrite ci-dessus, expliquer en quoi il est pertinent d'utiliser une solution de permanganate de potassium acidifiée par de l'acide sulfurique.

2. Préciser le changement de teinte observé lorsque le test réalisé est positif.

3. Déterminer le nombre d'oxydation de l'élément manganèse dans l'ion manganèse, puis dans l'ion permanganate.

4. En déduire si, pour l'élément manganèse, on a affaire à une oxydation ou une réduction au cours d'un test positif.

De nos jours, on peut acheter des alcootests jetables dans les stations-services, en pharmacie, ou encore en grande surface. Ils sont constitués d'un sachet gonflable de capacité $1\ \mathrm{L}$ et d'un tube de verre contenant des cristaux jaunes de dichromate de potassium en milieu acide. Ceux-ci se colorent en vert au contact de l'éthanol. L'automobiliste souffle dans le ballon et l'air expiré passe à travers le tube. Si la coloration verte dépasse le trait témoin sur le tube, le seuil toléré de $0{,}50\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$ est dépassé.



Source : d'après *futura-sciences.com*

5. Expliquer le changement de coloration des cristaux présents dans le tube de verre au contact de l'éthanol.

La transformation chimique se déroulant dans l'alcootest est modélisée par la réaction d'équation :

$$2\ \mathrm{Cr_2O_7^{2-}}_{(aq)} + 3\ \mathrm{CH_3CH_2OH}_{(aq)} + 16\ \mathrm{H^+}_{(aq)} \rightarrow 4\ \mathrm{Cr^{3+}}_{(aq)} + 3\ \mathrm{CH_3COOH}_{(aq)} + 11\ \mathrm{H_2O}_{(l)}$$

6. Écrire la demi-équation électronique pour le couple $\mathrm{Cr_2O_7^{2-}}_{(aq)}/\ \mathrm{Cr^{3+}}_{(aq)}$ intervenant dans cette transformation chimique.

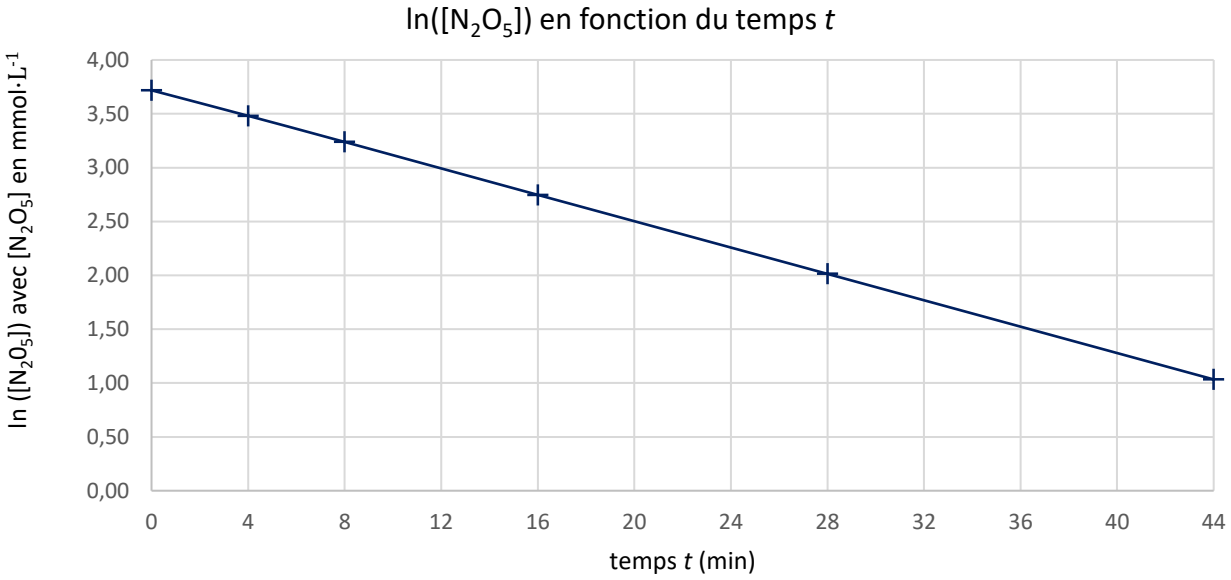
7. Déterminer la quantité de matière d'éthanol n_1 expiré par litre d'air dans l'hypothèse d'une alcoolémie égale au seuil limite de $0{,}50\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$.

8. Montrer que la quantité de matière d'ions dichromate qui doit alors réagir avec l'éthanol expiré vaut $n_2 = 3{,}6 \times 10^{-6}\ \mathrm{mol}$.

9. En déduire la masse de dichromate de potassium minimale nécessaire afin de détecter une alcoolémie située au seuil limite de $0{,}50\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$.

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

DR1 – Exercice 1 :



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) **:**
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.