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

BAC STL • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Physique-chimie et mathématiques

Session 2022 • Code sujet : **22-TLPCMAME1** • Durée : **3 heures**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Chute d'une bille dans l'huile et frottement fluide à faible vitesse (7 questions) **Page 3**

2. Pile à hydrogène et autonomie énergétique du navire Energy Observer (10 questions) **Page 6**

3. Questions indépendantes de mathématiques (6 questions) **Page 10**

4. Au choix : cinétique de l'hydrolyse de l'urée ou structure de l'adrénaline et propriétés de l'éphédrine (24 questions) **Page 12**

5. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 21**

Sujet officiel (PDF) : https://bacstl.fr/assets/annales/bac-stl/Physique-chimie et mathématiques/2022/Bac STL - Physique-chimie et mathématiques - Session 2022 - 3-Sujet.pdf

1. Chute d’une bille dans l’huile et frottement fluide à faible vitesse

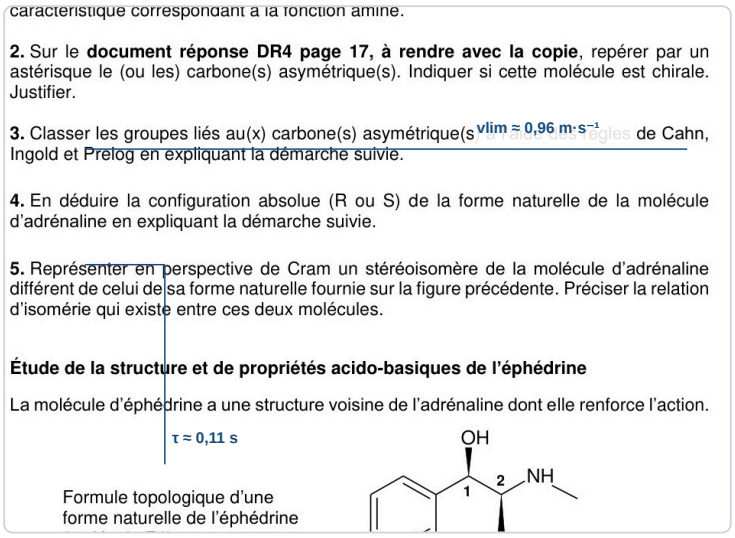
La chute d’une bille d’acier dans l’huile d’olive est filmée pour mesurer sa vitesse et lire graphiquement sa vitesse limite et son temps caractéristique. La modélisation théorique applique la deuxième loi de Newton et confronte le modèle de frottement proportionnel à la vitesse aux résultats de l’expérience.

Étude expérimentale

Question 1. Sur le graphique DR1, tracer les constructions utiles et déterminer graphiquement la vitesse limite de la bille et le temps caractéristique de l’évolution de sa vitesse.

Le palier de la courbe donne la vitesse limite, environ $0{,}96\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$. Le temps caractéristique est atteint lorsque la vitesse vaut environ $63\ \%$ de cette limite, soit $0{,}61\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$. Sur DR1, l’intersection de cette horizontale avec les points expérimentaux, puis sa projection sur l’axe du temps, donne $\tau \approx 0{,}11\ \mathrm{s}$.

DR1 complété : vitesse limite et temps caractéristique



✓ RÉPONSE À RETENIR

$v_{\mathrm{lim}} \approx 0{,}96\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ et $\tau \approx 0{,}11\ \mathrm{s}$.

Étude théorique

Question 2. Écrire l’expression vectorielle de la deuxième loi de Newton appliquée au système « bille ».

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on applique la deuxième loi de Newton au système constitué par la bille. Les forces extérieures sont le poids $\vec{P}$, la poussée d’Archimède $\vec{\Pi}$ et la force de frottement $\vec{f}$. Leur somme vectorielle est égale au produit de la masse de la bille par le vecteur accélération de son centre G.

On obtient donc $\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m\vec{a}_G$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m\vec{a}_G$.

Question 3. Projeter la deuxième loi de Newton sur l'axe Oy, établir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse sous la forme dv/dt = A × v + B, puis exprimer A et B en fonction des paramètres fournis.

L'axe (Oy) est orienté vers le bas. La projection du poids est positive, tandis que celles de la poussée d'Archimède et du frottement sont négatives. Comme la bille est entièrement immergée, son volume immergé vaut $V = \frac{4}{3}\pi R^3$. La projection de la deuxième loi de Newton donne :

$m\frac{dv}{dt} = mg - \rho_{\text{huile}} V g - 6\pi\eta R v$, donc $\frac{dv}{dt} = -\frac{6\pi\eta R}{m} v + g\left(1 - \frac{\rho_{\text{huile}} V}{m}\right)$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $A = -\frac{6\pi\eta R}{m}$ et $B = g\left(1 - \frac{\rho_{\text{huile}} V}{m}\right)$, avec $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

Question 4. À l'aide des données, poser explicitement les calculs permettant de déterminer A en s⁻¹ et B en m·s⁻², sans réaliser les applications numériques.

Pour utiliser les unités SI, convertir la masse et le rayon : $m = 4{,}1 \times 10^{-3}\ \text{kg}$ et $R = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \text{m}$. Le volume à substituer est $V = \frac{4}{3}\pi(5{,}0 \times 10^{-3})^3\ \text{m}^3$. Les expressions numériques à poser, sans les évaluer, sont :

$A = -\frac{6\pi \times 0{,}39 \times 5{,}0 \times 10^{-3}}{4{,}1 \times 10^{-3}}\ \text{s}^{-1}$, et $B = 9{,}8\left(1 - \frac{920 \times \frac{4}{3}\pi(5{,}0 \times 10^{-3})^3}{4{,}1 \times 10^{-3}}\right)\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $A = -\frac{6\pi(0{,}39)(5{,}0 \times 10^{-3})}{4{,}1 \times 10^{-3}}$ et $B = 9{,}8\left(1 - \frac{920 \times \frac{4}{3}\pi(5{,}0 \times 10^{-3})^3}{4{,}1 \times 10^{-3}}\right)$, sans application numérique.

Résolution de l'équation différentielle

Question 5. Déterminer la fonction solution de l'équation différentielle y' = −9y + 8,6 qui s'annule en 0.

Une solution constante particulière vérifie $-9y + 8{,}6 = 0$, donc vaut $8{,}6/9$. La solution générale de l'équation est alors $y(t) = Ce^{-9t} + 8{,}6/9$. La condition initiale $y(0) = 0$ impose $C = -8{,}6/9$. En remplaçant cette constante dans la solution générale, on obtient la fonction demandée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $y(t) = \frac{8{,}6}{9}(1 - e^{-9t})$.

Limite de la vitesse

Question 6. Montrer que la limite de 0,96(1 − e⁻⁹ᵗ) lorsque t tend vers +∞ est égale à 0,96.

Lorsque t tend vers $+\infty$, l'exposant $-9t$ tend vers $-\infty$, donc e^{-9t} tend vers 0. Par continuité des opérations, $1 - e^{-9t}$ tend vers $1 - 0 = 1$. La limite de l'expression est ainsi le produit de $0{,}96$ par 1, soit $0{,}96$.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$\lim\limits_{t \to +\infty} 0{,}96(1 - e^{-9t}) = 0{,}96.$

Validation du modèle

Question 7. Expliquer en quoi la comparaison de la valeur obtenue à la question 6 avec les résultats de l'étude expérimentale fournit un argument en faveur du modèle de frottement fluide choisi.

Le modèle théorique conduit à une vitesse limite de $0{,}96\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Sur le graphique DR1, la vitesse expérimentale se stabilise également autour de cette valeur. La proximité entre la valeur calculée et le palier mesuré est donc un argument en faveur du modèle retenu, où la force de frottement est proportionnelle à la vitesse. Cette concordance soutient le modèle dans les conditions de l'expérience, sans constituer à elle seule une preuve générale.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Le palier expérimental, proche de $0{,}96\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, concorde avec la limite théorique : le modèle est cohérent avec l'expérience.

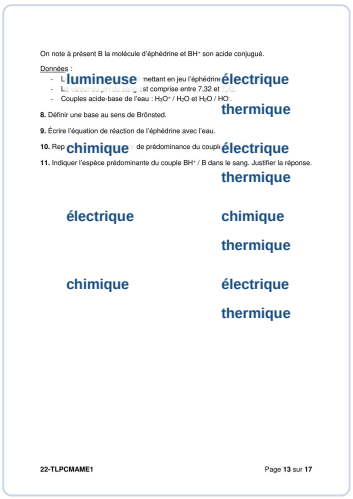
2. Pile à hydrogène et autonomie énergétique du navire Energy Observer

L'exercice porte sur la pile à hydrogène du navire Energy Observer, les transformations énergétiques et les réactions électrochimiques à ses électrodes. Il évalue le calcul de l'énergie électrique issue du dihydrogène stocké et la vérification de l'autonomie de la pile pendant une traversée.

Question 1. Compléter le schéma DR2 en indiquant les formes d'énergie qui interviennent au niveau du panneau photovoltaïque, de la pile à hydrogène et des batteries en charge et en décharge.

Pour chaque convertisseur, l'énergie utile apparaît sur la flèche horizontale de sortie et les pertes thermiques sur la flèche dirigée vers le bas. Le panneau reçoit l'énergie lumineuse. La pile reçoit l'énergie chimique du dihydrogène. Une batterie en charge reçoit de l'énergie électrique et la stocke sous forme chimique ; en décharge, elle consomme l'énergie chimique stockée pour fournir de l'énergie électrique.

DR2 complété : formes d'énergie



✓ RÉPONSE À RETENIR

Panneau : lumineuse → électrique + thermique ; pile : chimique → électrique + thermique ; batterie en charge : électrique → chimique + thermique ; en décharge : chimique → électrique + thermique.

Question 2. Écrire les équations des réactions électrochimiques ayant lieu à chacune des électrodes et préciser, pour chacune, s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

1. **Anode :** $H_2(g) \rightarrow 2\ H^+(aq) + 2\ e^-$: oxydation.
2. **Cathode :** $O_2(g) + 4\ H^+(aq) + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O(l)$: réduction.

À l'anode, le dihydrogène cède des électrons. Ceux-ci circulent dans le circuit extérieur vers la cathode, où le dioxygène les capte. Les protons traversent la membrane, conformément au schéma de la pile.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Anode : H_2 est oxydé. Cathode : O_2 est réduit.

Question 3. Déduire l'équation de la réaction d'oxydo-réduction modélisant le fonctionnement de la pile à hydrogène.

Les deux demi-équations doivent échanger le même nombre d'électrons. On multiplie donc la réaction à l'anode par 2, puis on additionne les réactions. Les électrons et les ions H^+ se simplifient. Il reste l'équation globale équilibrée, qui traduit la formation d'eau à partir du dihydrogène et du dioxygène :

$2\ H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\ H_2O(l)$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $2\ H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\ H_2O(l)$

Question 4. Expliquer en quoi cette pile est considérée comme non polluante.

Lors de son fonctionnement, la pile convertit l'énergie chimique du dihydrogène et du dioxygène en énergie électrique. La réaction produit de l'eau, et non du dioxyde de carbone ou des particules fines. Elle est donc considérée comme non polluante au point d'utilisation, conformément à la présentation du navire. Cette conclusion concerne les rejets directs de la pile, et non l'ensemble du cycle de production et de transport du dihydrogène.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> En fonctionnement, la pile produit de l'eau et ne rejette directement ni gaz à effet de serre ni particules fines.

Question 5. Calculer la quantité de matière de dihydrogène disponible sur Energy Observer lorsque les réservoirs sont pleins.

La masse totale stockée est de 63 kg, soit 63 000 g. La masse molaire du dihydrogène est le double de celle de l'atome d'hydrogène : $M(H_2) = 2 \times 1{,}0 = 2{,}0\ g{\cdot}mol^{-1}$. Avec $n = m/M$, on obtient $n(H_2) = 63\,000/2{,}0 = 31\,500$ mol. La quantité de matière disponible dans les réservoirs pleins est donc d'environ $3{,}2 \times 10^4$ mol.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n(H_2) = 3{,}15 \times 10^4$ mol.

Question 6. En déduire l'énergie chimique disponible en joules, puis en wattheures.

Grandeur	Calcul	Valeur
Énergie chimique	$31\,500 \times 2{,}4 \times 10^5$	$7{,}56 \times 10^9$ J
Énergie en Wh	$7{,}56 \times 10^9 / 3\,600$	$2{,}10 \times 10^6$ Wh

On multiplie la quantité de matière par l'énergie libérée par mole de dihydrogène. Pour convertir en wattheures, on utilise 1 Wh = 3 600 J.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $E_{chimique} = 7{,}56 \times 10^9$ J = $2{,}10 \times 10^6$ Wh.

Question 7. Avec un rendement de pile égal à 46 %, calculer l'énergie électrique disponible pour recharger les batteries et montrer que le résultat est cohérent avec les indications du texte de présentation.

Le rendement relie l'énergie électrique utile à l'énergie chimique consommée : $E_{élec} = \eta \times E_{chim}$. Ainsi, $E_{élec} = 0{,}46 \times 2{,}10 \times 10^6$ Wh = 966 000 Wh, soit 0,966 MWh. Cette valeur est proche de 1,0 MWh, l'énergie nette indiquée dans le texte ; l'écart s'explique par l'arrondi des données et du résultat annoncé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $E_{élec} = 9{,}66 \times 10^5$ Wh ≈ 0,97 MWh, cohérent avec 1,0 MWh.

Traversée Nassau - Fort-de-France

Question 8. Définir ce qu'est un générateur idéal de tension.

Un générateur idéal de tension impose à ses bornes une tension constante, quelle que soit l'intensité du courant qu'il délivre. Dans le modèle électrique, il n'a pas de résistance interne : sa tension ne chute donc pas lorsque le courant débité varie.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Sa tension aux bornes est constante et indépendante du courant débité.

Question 9. Calculer l'énergie électrique délivrée par la pile au cours de la traversée.

Pour une puissance moyenne P fournie pendant une durée Δt, l'énergie électrique vaut E = P × Δt. En utilisant P = 30 kW et Δt = 24 h, on obtient E = 30 × 24 = 720 kWh. Comme 1 MWh = 1 000 kWh, cela correspond à 0,72 MWh délivré pendant la traversée.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

E = 720 kWh = 0,72 MWh.

Question 10. Montrer que l'autonomie de la pile était suffisante pour cette traversée.

L'énergie électrique demandée pendant la traversée est de 720 kWh, tandis que l'énergie totale que la pile peut délivrer est de 1,0 MWh, soit 1 000 kWh. La réserve dépasse donc la demande de 280 kWh. L'énergie disponible étant supérieure à l'énergie nécessaire, l'autonomie de la pile est suffisante pour cette traversée.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Autonomie suffisante : 720 kWh consommés pour 1 000 kWh disponibles, soit une marge de 280 kWh.

3. Questions indépendantes de mathématiques

L'exercice propose six questions indépendantes sur la dérivation, la résolution d'équations, les variations, les logarithmes, les limites et le produit scalaire. Le candidat doit en choisir exactement quatre, chacune valant un point.

Question 1. Pour f(x) = (8x − 2)e⁻ˣ, déterminer f'(x) pour tout réel x.

On dérive le produit en utilisant $(uv)' = u'v + uv'$. Ici, $u(x) = 8x - 2$, donc $u'(x) = 8$, et $(e^{-x})' = -e^{-x}$. Ainsi, $f'(x) = 8e^{-x} - (8x - 2)e^{-x}$. En factorisant l'exponentielle, on obtient $f'(x) = (8 - 8x + 2)e^{-x}$, soit $(10 - 8x)e^{-x}$. Cette expression est valable pour tout réel x.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $f'(x) = (10 - 8x)e^{-x}$, pour tout $x \in \mathbb{R}$.

Question 2. Pour f(x) = (8x − 2)e⁻ˣ, résoudre l'équation f(x) = 0.

On cherche les valeurs de x pour lesquelles $(8x - 2)e^{-x} = 0$. L'exponentielle ne s'annule jamais : $e^{-x} > 0$ pour tout réel x. Le produit est donc nul si et seulement si son facteur affine est nul.

1. Résoudre $8x - 2 = 0$.
2. On obtient $8x = 2$, puis $x = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}$.

Il n'y a pas d'autre solution réelle.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $x = \frac{1}{4}$.

Question 3. À partir de la courbe de g' sur [0 ; 13], déterminer si Julien a raison d'affirmer que g est décroissante sur cet intervalle et justifier la réponse.

Pour que g soit décroissante sur tout l'intervalle, sa dérivée doit être négative ou nulle en chaque point. La courbe fournie représente g', et il suffit donc de vérifier si elle reste sous l'axe des abscisses.

- Or, sur une partie de $[0; 13]$, la courbe de g' est au-dessus de cet axe.
- Sur cette partie, $g'(x) > 0$, donc g y est croissante.

L'affirmation de Julien est ainsi contredite par le signe de la dérivée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Non : $g'(x) > 0$ sur une partie de $[0; 13]$, donc g n'est pas décroissante sur tout l'intervalle.

Question 4. **Montrer que ln(√8) / ln(√2) = 3.**

On réécrit les racines comme des puissances de 2 : $\sqrt{8} = 2^{3/2}$ et $\sqrt{2} = 2^{1/2}$. La propriété $\ln(a^r) = r\ln(a)$, valable ici puisque $a = 2 > 0$, donne $\ln(\sqrt{8}) = \frac{3}{2}\ln(2)$ et $\ln(\sqrt{2}) = \frac{1}{2}\ln(2)$. Comme $\ln(2) \neq 0$, le quotient se simplifie en $\frac{3/2}{1/2} = 3$.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$$\frac{\ln(\sqrt{8})}{\ln(\sqrt{2})} = 3.$$

Question 5. **Pour f(x) = e⁶ˣ − 1, déterminer la limite de f lorsque x tend vers −∞.**

Lorsque $x \to -\infty$, l'exposant $6x$ tend vers $-\infty$, car le coefficient 6 est positif. L'exponentielle tend alors vers zéro : $e^{6x} \to 0$.

La fonction est $f(x) = e^{6x} - 1$. Par passage à la limite dans cette expression, on soustrait 1 à la limite de l'exponentielle. La limite cherchée est donc finie et égale à -1.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$$\lim_{x \to -\infty} (e^{6x} - 1) = -1.$$

Question 6. **Dans la figure du carré ABCD de côté 4 et du triangle ABF rectangle en B avec BF = 3, donner la valeur du produit scalaire $\vec{BF} \cdot \vec{BD}$.**

Dans la figure, $\overrightarrow{BF}$ est perpendiculaire à $\overrightarrow{AB}$. Le côté du carré vaut 4, et la projection de $\overrightarrow{BD}$ sur la direction de $\overrightarrow{BF}$ est donc de longueur 4, dans le sens opposé à $\overrightarrow{BF}$. Le produit scalaire vaut le produit de la norme de $\overrightarrow{BF}$ par cette projection orientée : $\overrightarrow{BF} \cdot \overrightarrow{BD} = 3 \times (-4) = -12$.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$$\overrightarrow{BF} \cdot \overrightarrow{BD} = -12.$$

4. Au choix : cinétique de l’hydrolyse de l’urée ou structure de l’adrénaline et propriétés de l’éphédrine

Le candidat choisit l’un des deux sujets de physique-chimie. Le sujet 4-A étudie la cinétique de l’hydrolyse de l’urée dans le sol et des réactions acido-basiques, tandis que le sujet 4-B porte sur la stéréochimie de l’adrénaline et de l’éphédrine ainsi que sur l’acido-basicité de cette dernière.

4-A - Cinétique de l’hydrolyse de l’urée

Question 1. Définir le temps de demi-réaction.

Le temps de demi-réaction, noté $t_{1/2}$, est la durée nécessaire pour que l’avancement de la réaction atteigne la moitié de sa valeur finale. Ici, on suit la concentration de l’urée, réactif consommé au cours de la transformation. Si la réaction est menée jusqu’à son terme, l’instant recherché est celui où la concentration en urée atteint la moitié de sa concentration initiale : [urée] = $[\text{urée}]_0/2$.

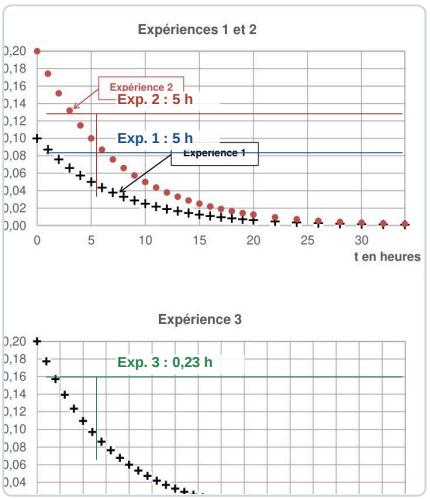
✓ RÉPONSE À RETENIR

$t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour atteindre la moitié de l’avancement final.

Question 2. À partir des courbes du document DR3, déterminer graphiquement le temps de demi-réaction de chacune des trois expériences et faire apparaître les traits de construction sur chaque courbe.

Pour chaque expérience, on lit le temps auquel la concentration atteint la moitié de sa valeur initiale. Les niveaux à tracer sont 0,050 mol·L^{-1} pour l’expérience 1 et 0,10 mol·L^{-1} pour les expériences 2 et 3. Les intersections avec les courbes donnent les temps demandés. Les traits horizontaux et verticaux ajoutés sur le document DR3 matérialisent ces lectures, qui restent graphiques et approximatives.

Lectures graphiques des temps de demi-réaction



✓ RÉPONSE À RETENIR

$t_{1/2}$ ≈ 5 h, 5 h et 0,23 h pour les expériences 1, 2 et 3.

Question 3. Déduire des résultats l'influence de la concentration initiale en urée sur la durée de la transformation chimique et justifier.

Pour isoler l'effet de la concentration initiale, on compare les expériences 1 et 2, conduites à la même température de 75 °C. La concentration initiale passe de 0,10 à 0,20 mol·L^{-1}, mais le temps de demi-réaction reste proche de 5 h dans les deux cas. La durée caractéristique ne dépend donc pas sensiblement de la concentration initiale dans ces expériences, ce qui concorde avec la cinétique d'ordre 1 déterminée ensuite.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> À 75 °C, doubler la concentration initiale ne modifie pas sensiblement le temps de demi-réaction, proche de 5 h.

Question 4. À partir des résultats de la question 2, déterminer l'influence de la température sur la durée de la transformation chimique et justifier.

Pour comparer l'effet de la température, on examine les expériences 2 et 3, qui ont la même concentration initiale en urée, 0,20 mol·L^{-1}. Quand la température passe de 75 °C à 95 °C, le temps de demi-réaction diminue d'environ 5 h à 0,23 h. La transformation chimique est donc nettement plus rapide à température plus élevée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> De 75 °C à 95 °C, le temps de demi-réaction baisse d'environ 5 h à 0,23 h.

Question 5. Expliquer pourquoi la température peut être qualifiée de facteur cinétique.

Un facteur cinétique est un paramètre dont la variation modifie la vitesse d'une transformation chimique. Les expériences 2 et 3 montrent qu'à concentration initiale identique, l'augmentation de la température réduit fortement le temps de demi-réaction. Or un temps de demi-réaction plus court signifie que la transformation est plus rapide. La température agit donc sur la cinétique et constitue bien un facteur cinétique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La température est un facteur cinétique : son augmentation accélère la transformation.

4-A - Loi de vitesse

Question 6. Pour l'expérience 1, écrire la relation qui définit la vitesse de disparition de l'urée au cours du temps.

La vitesse volumique de disparition d'un réactif est définie par l'opposé de la dérivée de sa concentration par rapport au temps. Le signe moins est nécessaire puisque la concentration en urée diminue pendant la réaction, alors que la vitesse de disparition est positive. Pour l'urée, avec le temps exprimé en heures dans les données

cinétiques, la relation s'écrit :

$v_{\text{disp}}(t) = -\dfrac{\mathrm{d}[\text{urée}]}{\mathrm{d}t}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v_{\text{disp}} = -\dfrac{\mathrm{d}[\text{urée}]}{\mathrm{d}t}$.

Question 7. À l'aide du graphique de la vitesse de disparition en fonction de la concentration en urée, montrer que la réaction suit une loi de vitesse d'ordre 1 par rapport à l'urée.

Sur le graphique, les points sont approximativement alignés sur une droite passant par l'origine. La vitesse de disparition est donc proportionnelle à la concentration en urée. Le coefficient de proportionnalité est la constante de vitesse k, d'où $v_{\text{disp}} = k[\text{urée}]$. Cette expression correspond à une loi de vitesse d'ordre 1 par rapport à l'urée : la vitesse varie dans la même proportion que sa concentration.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v_{\text{disp}} = k[\text{urée}]$: la réaction est d'ordre 1 par rapport à l'urée.

Question 8. À partir de la relation de la question 6, établir la loi d'évolution de la concentration en urée au cours du temps en fonction de la constante de vitesse k et de la concentration initiale [urée]₀.

La définition de la vitesse et la loi d'ordre 1 donnent $-\dfrac{\mathrm{d}[\text{urée}]}{\mathrm{d}t} = k[\text{urée}]$. On sépare les variables : $\dfrac{\mathrm{d}[\text{urée}]}{[\text{urée}]} = -k\,\mathrm{d}t$. En intégrant entre 0 et t, avec la condition initiale $[\text{urée}](0) = [\text{urée}]_0$, on obtient la loi de décroissance exponentielle. Si t est en heures, k s'exprime en h^{-1}.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $[\text{urée}](t) = [\text{urée}]_0 e^{-kt}$, avec k en h^{-1} si t est en heures.

Question 9. Déterminer graphiquement la constante de vitesse k en h⁻¹.

La constante de vitesse est la pente de la droite représentant la vitesse en fonction de la concentration. On peut l'estimer avec un point du graphique, par exemple environ $([\text{urée}] = 0,088\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1};\ v = 0,024\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1})$. Le rapport vitesse/concentration donne la pente. La lecture des points et la précision du graphique justifient un résultat arrondi.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La lecture graphique donne $k \approx 0,27\ \text{h}^{-1}$.

4-A - Rôle de l'uréase

Question 10. Pour une reproduction de l'expérience 1 en présence d'uréase, avec un temps de demi-réaction égal à 2 µs, indiquer le rôle de l'enzyme et expliquer la réponse.

Sans enzyme, le temps de demi-réaction de l'expérience 1 est de plusieurs heures, environ 5 h d'après le graphique. Avec l'uréase, il vaut seulement 2 µs. Cette forte diminution montre que l'enzyme accélère considérablement l'hydrolyse de l'urée. L'uréase est donc un catalyseur biologique : elle accélère la transformation sans être consommée au cours de la réaction.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'uréase est un catalyseur biologique qui accélère fortement l'hydrolyse de l'urée.

4-A - Réactions acido-basiques

Question 11. Écrire les équations des réactions acido-basiques associées aux couples NH_4^+/NH_3 et H_2O/HO^-.

Pour un couple acide/base, l'acide cède un proton à une base. En présence d'eau, l'acide NH_4^+ forme NH_3 et H_3O^+. Pour le couple H_2O/HO^-, l'eau joue le rôle d'acide et cède un proton à une autre molécule d'eau. Les équations associées aux deux couples sont :

- $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$
- $H_2O + H_2O \rightleftharpoons HO^- + H_3O^+$

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$; $H_2O + H_2O \rightleftharpoons HO^- + H_3O^+$.

Question 12. Déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre les ions ammonium NH_4^+ et les ions hydroxyde HO^-.

L'ion ammonium est l'acide du couple NH_4^+/NH_3 : il cède un proton et devient NH_3. L'ion hydroxyde est la base du couple H_2O/HO^- : il capte ce proton et devient H_2O. En additionnant les transformations correspondantes, le proton transféré s'élimine. L'équation résultante conserve les atomes et la charge électrique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $NH_4^+ + HO^- \rightarrow NH_3 + H_2O$.

Question 13. Justifier que cette réaction est une réaction acido-basique.

Dans la réaction, l'ion ammonium NH_4^+ cède un proton H^+ et se transforme en NH_3 : c'est l'acide. L'ion hydroxyde HO^- capte ce proton et devient H_2O : c'est la base. La réaction met donc en jeu un transfert de proton entre un acide et une base, ce qui caractérise une réaction acido-basique.

✓ RÉPONSE À RETENIR

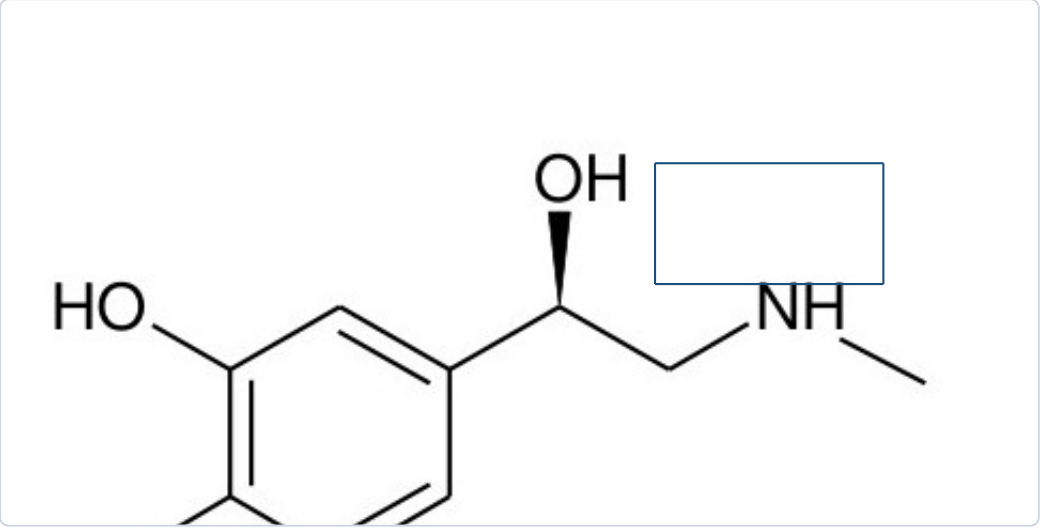
La réaction est acido-basique, car NH_4^+ transfère un proton à HO^-.

4-B - Structure de l'adrénaline

Question 1. Sur le document réponse DR4, entourer le groupe caractéristique correspondant à la fonction amine.

La fonction amine de l'adrénaline est portée par l'atome d'azote de la chaîne latérale, représenté par le groupe –NH– relié à deux carbones. Sur le document réponse DR4, il faut donc entourer ce groupe NH, à droite du carbone asymétrique. Les groupes OH du cycle et de la chaîne sont des fonctions hydroxyle : ils ne correspondent pas à la fonction amine demandée.

Fonction amine entourée sur le document DR4



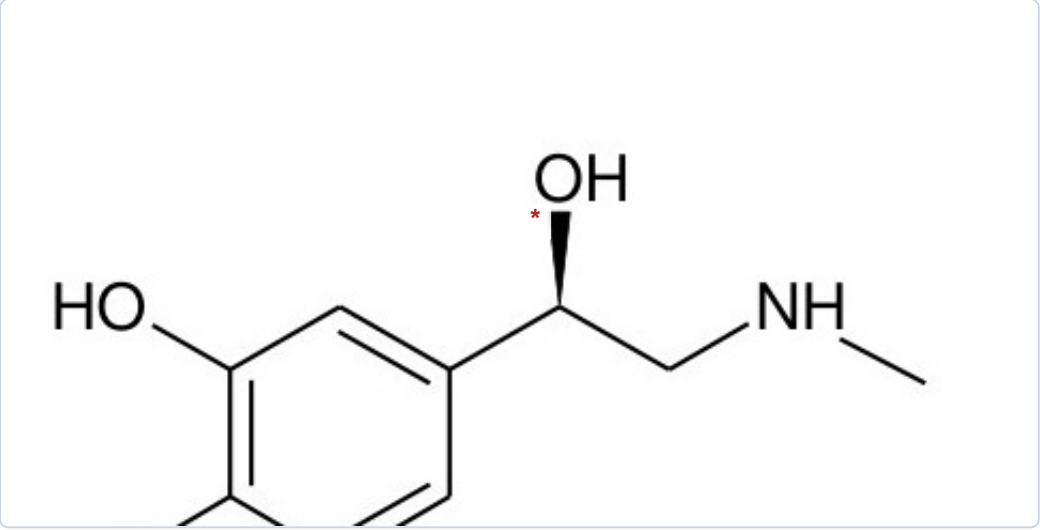
✓ RÉPONSE À RETENIR

Entourer le groupe –NH– de la chaîne latérale.

Question 2. Sur le document réponse DR4, repérer par un astérisque le ou les carbones asymétriques, puis indiquer si la molécule est chirale et justifier.

Le carbone asymétrique est le carbone de la chaîne latérale portant le groupe OH en coin plein. Il est lié à quatre substituants différents : OH, H, le cycle aromatique et la chaîne $–CH_2–NH–CH_3$. Il s'agit donc de l'unique carbone asymétrique de la molécule. Comme cette molécule ne possède pas de plan de symétrie et que son image dans un miroir n'est pas superposable à elle, elle est chirale.

Carbone asymétrique repéré sur le document DR4



✓ RÉPONSE À RETENIR

Un carbone asymétrique, celui qui porte OH ; la molécule est chirale.

Question 3. Classer, selon les règles de Cahn, Ingold et Prelog, les groupes liés au ou aux carbones asymétriques en expliquant la démarche.

Selon les règles CIP, on compare d'abord les numéros atomiques des atomes directement liés au carbone asymétrique : O est prioritaire, H est dernier, et les deux autres substituants commencent par C. Pour les départager, on compare les atomes liés à ces carbones. La chaîne $–CH_2–NH–CH_3$ présente notamment N, tandis que le carbone du cycle est lié à des C. N étant prioritaire sur C, la chaîne azotée passe avant le cycle aromatique.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Priorités CIP : OH (1) > CH_2NHCH_3 (2) > cycle aromatique (3) > H (4).

Question 4. Déduire et justifier la configuration absolue R ou S de la forme naturelle de l'adrénaline.

Les priorités CIP sont OH (1), chaîne $–CH_2–NH–CH_3$ (2), cycle aromatique (3), puis H (4). Dans le dessin, OH est en coin plein, donc dirigé vers l'observateur ; l'hydrogène implicite est dirigé vers l'arrière. En regardant avec le groupe de plus faible priorité à l'arrière, le parcours 1 → 2 → 3 est horaire. La configuration absolue de l'unique

carbone asymétrique est donc R.

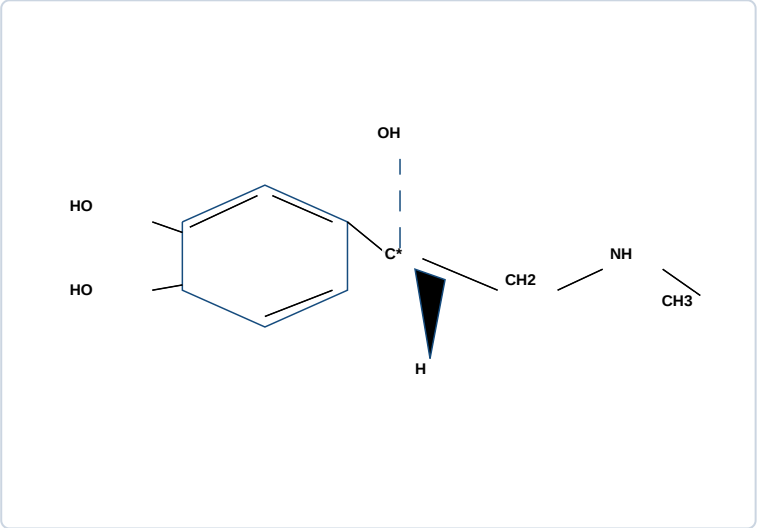
✓ RÉPONSE À RETENIR

La forme naturelle représentée de l'adrénaline est de configuration R.

Question 5. Représenter en perspective de Cram un stéréoisomère de l'adrénaline différent de sa forme naturelle et préciser la relation d'isomérie entre les deux molécules.

On conserve les mêmes groupes liés au carbone asymétrique, mais on inverse sa configuration. Dans cette représentation de Cram, OH est placé en arrière, en liaison hachurée, et H vers l'observateur, en coin plein ; le cycle aromatique et la chaîne $–CH_2–NH–CH_3$ restent dans le plan. Comme l'adrénaline possède un seul centre asymétrique, cette inversion donne son énantiomère.

Énantiomère de l'adrénaline en perspective de Cram



✓ RÉPONSE À RETENIR

L'inversion du centre asymétrique donne l'énantiomère de la forme naturelle.

4-B - Structure de l'éphédrine

Question 6. Indiquer la configuration absolue de la molécule E2.

La molécule E1 est donnée de configuration (1R, 2S). En comparant les représentations, le groupe OH du carbone 1 est inversé dans E2 : il passe du coin plein à la liaison hachurée. La configuration de ce centre devient donc S. Au carbone 2, la disposition des groupes est conservée, donc sa configuration reste S. La molécule E2 a ainsi pour configuration absolue (1S, 2S).

✓ RÉPONSE À RETENIR

La molécule E2 est de configuration (1S, 2S).

Question 7. Nommer et justifier la relation de stéréoisomérie entre les molécules E1 et E2.

La molécule E1 a pour configuration (1R, 2S), tandis que E2 a pour configuration (1S, 2S). Les molécules diffèrent donc à un seul des deux centres asymétriques, le centre 1, et conservent la même configuration au centre 2. Elles ne sont pas images l'une de l'autre dans un miroir : ce sont des diastéréoisomères, plus précisément des épimères au centre 1.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> E1 et E2 sont des diastéréoisomères, épimères au centre 1.

4-B - Propriétés acido-basiques de l'éphédrine

Question 8. Définir une base au sens de Brønsted.

Au sens de Brønsted, une base est une espèce chimique capable de capter un proton H^+. En acceptant ce proton, elle se transforme en son acide conjugué. Pour l'éphédrine, l'espèce B joue le rôle de base lorsqu'elle capte un proton et devient BH^+. Cette définition s'applique ici au transfert de proton entre l'éphédrine et l'eau.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Une base de Brønsted est une espèce capable de capter un proton H^+.

Question 9. Écrire l'équation de réaction de l'éphédrine B avec l'eau.

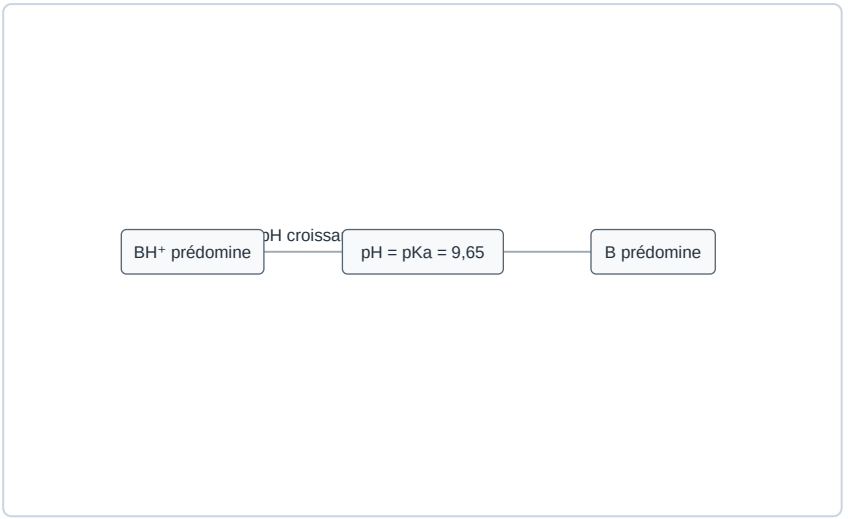
L'éphédrine B agit comme une base de Brønsted : elle capte un proton cédé par une molécule d'eau et devient son acide conjugué BH^+. L'eau, après avoir cédé ce proton, se transforme en ion hydroxyde HO^-. En solution aqueuse, la réaction est réversible. L'équation respecte à la fois la conservation des atomes et celle de la charge électrique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + HO^-$.

Question 10. Représenter le diagramme de prédominance du couple acide-base BH^+/B.

Pour le couple acide/base BH^+/B, la frontière du diagramme de prédominance est au pH égal au pK_a. La donnée du sujet fixe cette frontière à 9,65. À gauche de cette valeur, pour les pH inférieurs, la forme acide BH^+ prédomine ; à droite, pour les pH supérieurs, c'est la forme basique B. À la frontière, les deux espèces sont en proportions égales.

Diagramme de prédominance du couple BH^+/B



À pH = pKa, BH^+ et B sont en proportions égales.

✓ RÉPONSE À RETENIR

BH^+ prédomine pour pH < 9,65 ; B prédomine pour pH > 9,65.

Question 11. Indiquer l'espèce prédominante du couple BH^+/B dans le sang et justifier la réponse.

Le pH sanguin est compris entre 7,32 et 7,42, alors que le pK_a du couple BH^+/B vaut 9,65. Toute la plage de pH du sang est donc inférieure au pK_a. Pour un couple acide/base, la forme acide prédomine lorsque le pH est inférieur au pK_a. Dans le sang, l'espèce prédominante est donc l'éphédrine protonée BH^+.

✓ RÉPONSE À RETENIR

BH^+ prédomine dans le sang, car le pH sanguin est inférieur à 9,65.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2022)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de spécialité Physique-chimie et mathématiques du baccalauréat technologique STL, session 2022, code 22-TLPCMAME1, durée 3 heures, sans coefficient imprimé. La note est répartie entre physique-chimie (14/20) et mathématiques (6/20). Les sujets portent sur une bille dans l'huile, Energy Observer et, au choix, l'hydrolyse de l'urée ou la stéréochimie et l'acido-basicité de molécules.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour un frottement proportionnel à la vitesse, la vitesse de la bille tend vers une vitesse limite constante.
- Dans une pile à hydrogène, le dihydrogène est oxydé et le dioxygène est réduit ; la réaction globale forme de l'eau.
- Pour une réaction d'ordre 1, la vitesse de disparition du réactif est proportionnelle à sa concentration : $v = k[\text{urée}]$.
- Pour le couple BH^+/B, BH^+ prédomine si pH < pKa et B prédomine si pH > pKa.

Points de vigilance & attentes du jury

- Sur un graphique, tracer les constructions demandées et tenir compte des échelles et des unités.
- Pour la deuxième loi de Newton, définir le sens de l'axe puis attribuer un signe cohérent à chaque force projetée.
- Dans les calculs énergétiques, convertir les unités et appliquer le rendement à l'énergie chimique disponible.
- En stéréochimie, classer les substituants selon les règles CIP avant de déterminer la configuration absolue.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment lire le temps caractéristique sur le graphique de vitesse de la bille ?

Repérez d'abord la vitesse limite, représentée par le palier de la courbe. Le temps caractéristique se lit à l'abscisse de l'intersection entre la tangente à l'origine et l'horizontale correspondant à cette vitesse limite.

Q : Comment savoir quelle espèce prédomine dans le sang pour le couple BH^+/B ?

Comparez le pH au pKa du couple. Lorsque le pH est inférieur au pKa, la forme acide BH^+ prédomine. Ici, le pH sanguin, compris entre 7,32 et 7,42, est inférieur au pKa de 9,65.

Q : Dois-je répondre aux six questions de mathématiques de l'exercice 3 ?

Non. Choisissez quatre questions parmi les six et indiquez clairement leurs numéros sur la copie. Seules ces quatre réponses sont évaluées, à raison d'un point chacune ; répondre à une question supplémentaire ne rapporte aucun point.

Q : Dois-je traiter les deux sujets proposés pour l'exercice 4 ?

Non. L'exercice 4 est au choix : indiquez sur votre copie si vous traitez le sujet 4-A sur l'urée ou le sujet 4-B sur l'adrénaline et l'éphédrine. Le sujet choisi est noté sur six points.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bacstl.fr/assets/annales/bac-stl/Physique-chimie et mathématiques/2022/Bac STL - Physique-chimie et mathématiques - Session 2022 - 3-Sujet.pdf

Ressources Bac STL : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

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.