Bac Général Physique-Chimie + SVT (Physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre)

SUJET D'EXAMEN (SESSION OFFICIELLE)

Physique-chimie - Session 2025

Sujet de l'examen national tel que publié pour la session indiquée. Source : sujets nationaux publiés par le ministère chargé de l'examen et les services académiques. Document mis à disposition par FormaV pour la révision.

Toutes les annales et leurs corrigés : https://bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 2

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**
Coefficient : **16**

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 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

Le document-réponse 1 page 11 et le document-réponse 2 page 12
sont **À RENDRE AVEC LA COPIE**.

EXERCICE 1. Infusion à la framboise (9 points)

La frambinone, couramment appelée « cétone de la framboise », est une molécule (figure 1) qui permet de retrouver l'odeur caractéristique de la framboise. Elle est utilisée essentiellement comme arôme alimentaire. La frambinone naturelle étant présente en très faible concentration dans la framboise, son extraction est coûteuse et n'est pas envisageable à l'échelle industrielle.

L'objectif de cet exercice est d'étudier dans une première partie une des voies de synthèse de la frambinone et dans une deuxième partie le détartrage d'une bouilloire utilisée pour préparer une infusion à la framboise.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

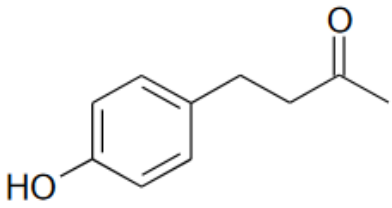


Figure 1. Structure de la frambinone ou cétone de la framboise

Partie 1. Synthèse de la frambinone

Q1. Représenter la formule semi-développée de la molécule de frambinone.

Q2. Entourer et nommer les groupes caractéristiques de la frambinone et préciser le groupe qui permet de justifier son appellation de « cétone de la framboise ».

Les deux étapes de la séquence réactionnelle d'un des procédés de synthèse de la frambinone sont représentées ci-après.

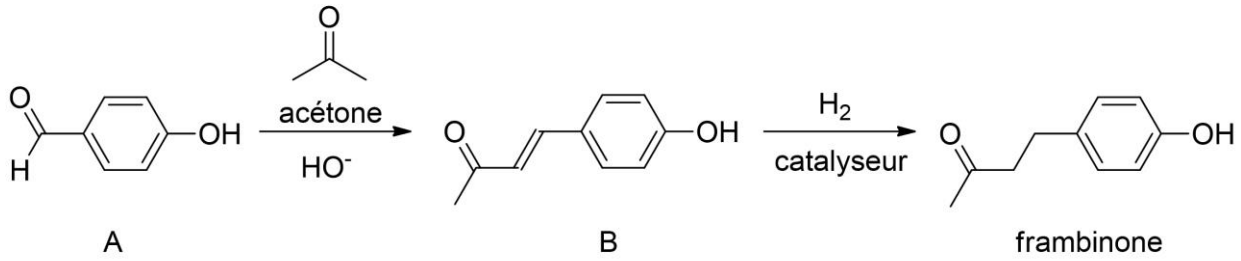


Figure 2. Étapes de la séquence réactionnelle d'obtention de la frambinone

Protocole de l'étape permettant de passer de l'espèce A à l'espèce B (A → B)

On dissout $2{,}50\ \mathrm{g}$ de 4-hydroxybenzaldéhyde (réactif A) dans $10{,}0\ \mathrm{mL}$ d'acétone. Après dissolution, on ajoute, en excès, $10\ \mathrm{mL}$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium à $2{,}5\ \mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}$: le milieu réactionnel prend alors une couleur ambre foncé. Après $24\ \mathrm{h}$ d'agitation à température ambiante, on observe une pâte orangée. L'espèce B obtenue est un composé intermédiaire de cette synthèse.

Données :

- masse molaire du 4-hydroxybenzaldéhyde : $122{,}1\ \mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}$;
- masse molaire de la frambinone : $164{,}2\ \mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}$;

– solubilité du 4-hydroxybenzaldéhyde dans différents solvants :

Solvants	Eau	Alcool	Acétone	Éther diéthylique
Solubilité du 4-hydroxybenzaldéhyde	faible	forte	très forte	forte

– l'acétone est totalement miscible à l'eau.

Q3. Justifier l'utilisation de l'acétone comme solvant lors de l'étape A → B de la synthèse.

Le mécanisme réactionnel de l'étape A → B est donné en annexe.

Q4. Sur **le document-réponse 1 de L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, compléter les actes élémentaires 2 et 3 du mécanisme réactionnel en utilisant le formalisme de la flèche courbe.

Q5. Préciser la catégorie de réaction (acido-basique, oxydo-réduction, élimination, addition, substitution) de l'acte élémentaire 1 du mécanisme réactionnel donné en annexe.

Q6. Sachant que la deuxième étape de la séquence réactionnelle (figure 2) est réalisée avec un excès de dihydrogène et que la masse de frambinone obtenue est $m_{\text{exp}} = 2{,}19\ \text{g}$, montrer que la valeur du rendement r de la synthèse est proche de 65 %.

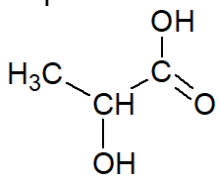
Partie 2 : Détartrage de la bouilloire.

La préparation de l'infusion à la framboise nécessite au préalable le détartrage de la bouilloire. Plusieurs fabricants d'électroménager recommandent d'utiliser des détartrants à base d'acide lactique ; en plus d'être efficace contre le tartre, cet acide est biodégradable et non corrosif pour les pièces métalliques des appareils électroménagers.

Étude de la solution d'acide lactique

Données :

– formule semi-développée de l'acide lactique :



– valeur du $\text{p}K_\text{A}$ à 25°C du couple formé par l'acide lactique et l'ion lactate : $3{,}86$;
– électronégativité de quelques atomes : $\chi(\text{H}) = 2{,}1$; $\chi(\text{C}) = 2{,}5$; $\chi(\text{O}) = 3{,}5$.

Le détartrant à base d'acide lactique est conditionné sous forme liquide dans un petit flacon de $100\ \text{mL}$. La notice d'utilisation indique qu'il faut verser la totalité de son contenu dans le réservoir de la bouilloire et qu'il faut ajouter de l'eau. On prépare ainsi une solution aqueuse d'acide lactique de pH mesuré de valeur égale à $2{,}1$.

Q7. Définir un acide selon Brönsted. Justifier le caractère acide de l'acide lactique.

Q8. Représenter le schéma de Lewis de l'ion lactate, base conjuguée de l'acide lactique.

Q9. On note AH la molécule d'acide lactique. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre l'acide lactique et l'eau.

Q10. Exprimer, à l'équilibre, la constante d'acidité associée à cette réaction.

Q11. À partir d'un diagramme de prédominance, justifier que l'acide lactique prédomine dans la solution détartrante dans la bouilloire.

Titrage de la solution d'acide lactique

Au laboratoire, un élève décide de vérifier la concentration en acide lactique de la solution commerciale en réalisant un titrage.

Le document ci-dessous précise quelques informations présentes sur l'étiquette de la solution commerciale d'acide lactique utilisée pour le détartrage.

Étiquette commerciale d'un détartrant à base d'acide lactique.

- Pourcentage (ou titre) massique en acide lactique de la solution : $55\ \%$;
- Masse molaire de l'acide lactique : $90{,}08\ \mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}$;
- Densité du détartrant : $1{,}25$.



Q12. Montrer que, d'après l'étiquette, la concentration en quantité de matière, notée c_{com}, en acide lactique dans la solution commerciale est $7{,}6\ \mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}$.

Pour réaliser le titrage, l'élève utilise une solution d'hydroxyde de sodium fraichement préparée de concentration $c_{\mathrm{b}} = 1{,}00 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}$. Par ailleurs, il ne titre pas directement la solution commerciale de détartrant à base d'acide lactique. Il prépare d'abord une solution, notée $S_{\text{diluée}}$, par dilution de la solution commerciale.

Q13. Nommer les équipements de protection nécessaires pour manipuler en toute sécurité la solution commerciale de détartrant à base d'acide lactique.

On souhaite préparer un volume de $200{,}0\ \mathrm{mL}$ de solution $S_{\text{diluée}}$ en diluant 100 fois la solution commerciale. La verrerie à disposition est la suivante :

- pipettes jaugées de $2{,}0\ \mathrm{mL}$, $5{,}0\ \mathrm{mL}$, $20{,}0\ \mathrm{mL}$;
- fioles jaugées de $100{,}0\ \mathrm{mL}$, $200{,}0\ \mathrm{mL}$, $500{,}0\ \mathrm{mL}$.

Q14. Choisir en justifiant les deux instruments de verrerie permettant de préparer la solution $S_{\text{diluée}}$.

On réalise le titrage avec suivi pH-métrique d'un volume $V_{\mathrm{a}} = 15{,}0\ \mathrm{mL}$ de la solution $S_{\text{diluée}}$. Le document-réponse 2 de l'annexe représente l'évolution du pH en fonction du volume V_{b} de solution d'hydroxyde de sodium ajouté de concentration c_{b}.

Q15. Représenter le schéma légendé du dispositif de titrage.

Q16. Déterminer graphiquement sur **le document-réponse 2 de L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, la valeur du volume V_{bE} de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

Q17. Exploiter les résultats pour déterminer la concentration en acide lactique de la solution $S_{\text{diluée}}$.

Pour comparer le résultat d'une mesure X_{mes} à une valeur de référence X_{ref}, on utilise le quotient : $\frac{|X_{\mathrm{mes}} - X_{\mathrm{ref}}|}{u(X_{\mathrm{mes}})}$ où $u(X_{\mathrm{mes}})$ est l'incertitude-type associée au résultat. On considère que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence lorsque le quotient est inférieur ou égal à 2.

La valeur de référence correspond à la valeur de la concentration de la solution commerciale et au cours de ce titrage, on estime que $u(c_{\mathrm{mes}}) = 0{,}34\ \mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}$.

Q18. Vérifier la compatibilité entre la valeur de la concentration de la solution commerciale obtenue expérimentalement et la valeur de référence.

Pour vérifier les résultats obtenus par suivi pH-métrique, l'élève réalise un titrage colorimétrique. Il dispose de trois indicateurs colorés :

Indicateur coloré	Zone de virage
Hélianthine	$3{,}1 - 4{,}4$
Bleu de bromothymol	$6{,}0 - 7{,}6$
Bleu de thymol	$8{,}0 - 9{,}6$

Q19. Choisir l'indicateur coloré le plus adapté pour repérer précisément le volume équivalent. Justifier.

EXERCICE 2. Chauffe-eau thermodynamique d'un chalet (6 points)

Un chalet isolé en montagne est équipé d'un système de production d'électricité constitué de panneaux photovoltaïques couplé à un système de stockage de l'énergie électrique. Le chalet dispose également d'un chauffe-eau thermodynamique qui est un mode de production d'eau chaude propre et économique. Le chauffage du chalet est assuré par une chaudière au bois. Le propriétaire souhaiterait adapter son installation afin d'être en parfaite autonomie électrique sur une durée de trois jours.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la production d'eau chaude par le chauffe-eau thermodynamique, l'installation de production d'électricité puis le niveau sonore de l'installation.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Partie 1. Étude de la production d'eau chaude.

Le chalet est prévu pour accueillir quatre personnes. Il est ainsi équipé d'un chauffe-eau thermodynamique avec un ballon d'une capacité de $200\ \mathrm{L}$ d'eau.

L'eau du ballon est chauffée d'une température $\theta_1 = 15\ °\mathrm{C}$ à une température $\theta_2 = 55\ °\mathrm{C}$ une fois par jour en moyenne.

Données :

- capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{\mathrm{eau}} = 4{,}18\ \mathrm{kJ{\cdot}K^{-1}{\cdot}kg^{-1}}$;
- masse volumique de l'eau liquide : $\rho_{\mathrm{eau}} = 1{,}00\ \mathrm{kg{\cdot}L^{-1}}$;
- l'eau liquide est un fluide incompressible ;
- le flux thermique Φ à travers une paroi de résistance thermique R_{th} séparant deux milieux de températures respectives θ_A et θ_B est donnée par la relation :

$$\Phi = \frac{\theta_A - \theta_B}{R_{\mathrm{th}}}\ ;$$

- $1\ \mathrm{W{\cdot}h} = 3\,600\ \mathrm{J}$.

Q1. Calculer la valeur de la variation d'énergie interne ΔU du système constitué par l'eau contenue dans le ballon lorsque sa température varie de $\theta_1 = 15\ °\mathrm{C}$ à $\theta_2 = 55\ °\mathrm{C}$.

Le chauffe-eau est installé dans un garage où la température est maintenue à la température $\theta_{\mathrm{air}} = 18\ °\mathrm{C}$. La résistance thermique du ballon d'eau a pour valeur : $R_{\mathrm{th}} = 0{,}47\ °\mathrm{C{\cdot}W^{-1}}$. On s'intéresse au transfert thermique ayant lieu entre l'eau chaude à la température $\theta_2 = 55\ °\mathrm{C}$ et l'air du garage.

Q2. Indiquer le principal mode de transfert thermique à l'origine du flux thermique à travers de la paroi du ballon ainsi que son sens.

Q3. Calculer la valeur du flux thermique Φ à travers la paroi du ballon, entre l'eau chaude portée à la température $\theta_2 = 55\ °\mathrm{C}$ et l'air du garage.

Q4. Montrer que la valeur de la quantité d'énergie thermique Q_1 échangée entre l'eau liquide contenue dans le ballon et l'air du garage en une journée est égale à $6{,}8 \times 10^3\ \mathrm{kJ}$.

Q5. En appliquant le premier principe de la thermodynamique à l'eau contenue dans le ballon, exprimer l'énergie thermique Q_2 nécessaire pour chauffer chaque jour l'eau du ballon de θ_1 à θ_2 en fonction de ΔU et Q_1.

Q6. Montrer que la valeur de l'énergie thermique Q_2 est voisine de $11\ \mathrm{kW{\cdot}h}$.

Le chauffe-eau thermodynamique permet de chauffer l'eau du ballon grâce à une pompe à chaleur (notée PAC) air-eau. La PAC air-eau prélève l'énergie de l'air ambiant pour chauffer un fluide caloporteur. Ce fluide en mouvement cède une quantité d'énergie par transfert thermique à l'eau du ballon à chauffer. On supposera que ce transfert thermique se fait sans perte.

Pour fonctionner, la PAC consomme de l'énergie électrique pour mettre en circulation le fluide caloporteur.
Une PAC est caractérisée par son coefficient de performance, ou COP, qui est défini comme le quotient entre la valeur absolue de l'énergie utile, c'est-à-dire la valeur du transfert thermique cédé à la source à chauffer, et l'énergie électrique consommée nécessaire à son fonctionnement.
La PAC utilisée dans le chauffe-eau thermodynamique installé dans le chalet a un COP égal à 3,2.

Q7. Calculer la valeur de l'énergie électrique E_{PAC} consommée par la PAC pour chauffer quotidiennement l'eau du ballon.

Le propriétaire du chalet a installé 10 panneaux photovoltaïques sur le toit de son habitation. La consommation électrique quotidienne du chalet est estimée à $8\ \text{kW·h}$ en plus de l'énergie électrique consommée quotidiennement par la PAC.

Données :
- puissance électrique moyenne fournie par un panneau : $P_{\text{elec}} = 300\ \text{W}$;
- ensoleillement moyen quotidien : 5 heures par jour.

Q8. Pour une journée d'ensoleillement moyen, calculer, en kW·h, l'énergie électrique produite par l'installation des panneaux photovoltaïques et vérifier que l'installation est suffisante pour couvrir la consommation électrique quotidienne totale du chalet en supposant que cette consommation a lieu pendant la durée d'ensoleillement.

Partie 2. Étude sonore du chauffe-eau thermodynamique

Le principal inconvénient du chauffe-eau thermodynamique est le bruit qu'il génère. Dans le garage, à une distance de $d_1 = 0{,}10\ \text{m}$ du ballon, le sonomètre indique $L_1 = 70\ \text{dB}$. Le propriétaire souhaite vérifier que les vacanciers hébergés dans une chambre située derrière le mur, à une distance $d_2 = 5{,}00\ \text{m}$ du chauffe-eau, ne seront pas dérangés par son fonctionnement. On considère que dans une chambre à coucher le niveau d'intensité sonore conseillé ne doit pas dépasser $30\ \text{dB}$.
Pour cela, il réalise l'isolation phonique de son garage apportant une atténuation de $25\ \text{dB}$.

Données :
- intensité sonore de référence : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W·m}^{-2}$;
- modèle de l'atténuation géométrique pour une source ponctuelle :
  l'intensité sonore I à une distance d de la source est reliée à la puissance sonore P de cette source par la relation :

$$I = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot d^2}.$$

Q9. Indiquer le type d'atténuation sonore mis en œuvre par l'isolation phonique du garage.

Q10. Indiquer si les vacanciers situés à la distance $d_2 = 5{,}00\ \text{m}$ du chauffe-eau seront gênés par son fonctionnement.

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 doit être correctement présentée.

EXERCICE 3. Cargo dirigeable (5 points)

Pour transporter des charges lourdes certaines startups travaillent sur des projets de ballons cargos dirigeables.

Ces « grues volantes » permettraient d'embarquer ou de livrer des charges dans des zones peu accessibles.

Grâce à un gaz porteur moins dense que l'air, un dirigeable peut voler de manière beaucoup plus économe en carburant qu'un hélicoptère ou un avion.

L'objectif de cet exercice est de vérifier la charge maximale embarquable dans un dirigeable et d'étudier un système permettant d'effectuer un chargement en vol stationnaire.



Dirigeable
www.flying-whales.com

Caractéristiques du dirigeable étudié :

- volume du dirigeable : $V = 180\,000\ \text{m}^3$;
- masse du dirigeable avant remplissage en gaz porteur : $m_{\text{d}} = 65$ tonnes.

Partie 1. Étude de la charge maximale embarquée

Données :

- masse molaire de l'hélium : $M_{\text{He}} = 4{,}0\ \text{g·mol}^{-1}$;
- constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314\ \text{J·K}^{-1}\text{·mol}^{-1}$;
- conversion entre les échelles de température : $T(\text{K}) = \theta(°\text{C}) + 273$;
- $1{,}0\ \text{bar} = 1{,}0 \times 10^5\ \text{Pa}$;
- intensité de la pesanteur : $g = 9{,}8\ \text{m·s}^{-2}$.

On fait l'hypothèse que le dirigeable a été entièrement rempli d'hélium, se comportant comme un gaz parfait, sous une pression de $P = 1{,}1\ \text{bar}$ et à la température $\theta = 25\ °\text{C}$.

Q1. Montrer que la valeur de la masse d'hélium embarqué dans le dirigeable est proche de $m_{\text{He}} = 32$ tonnes.

Q2. Parmi les relations suivantes, choisir, en justifiant, celle donnant l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède $\overrightarrow{P_a}$ exercée par l'air sur le dirigeable.

$\overrightarrow{P_a} = \rho_{\text{air}} \cdot V \cdot \vec{g}$ $\qquad$ $\overrightarrow{P_a} = m_{\text{air}} \cdot V \cdot \vec{g}$ $\qquad$ $\overrightarrow{P_a} = -\rho_{\text{air}} \cdot V \cdot \vec{g}$

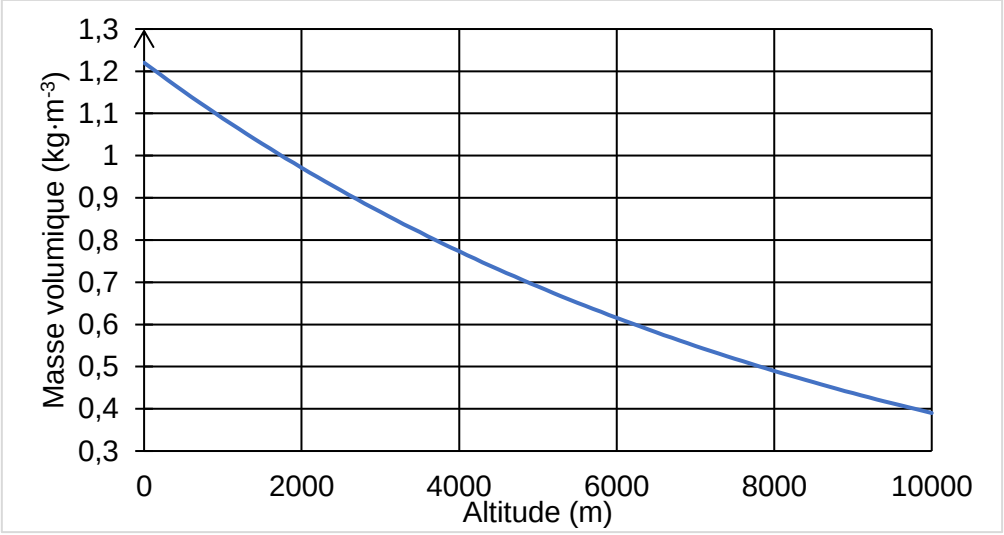


Figure 1. Représentation de l'évolution de la masse volumique de l'air en fonction de l'altitude

Q3. Calculer la valeur de la poussée d'Archimède exercée par l'air sur le dirigeable à une altitude de $3000\ \text{m}$.

Q4. Préciser comment l'intensité de cette force évolue en fonction de l'altitude.

On étudie le système {dirigeable} dans le référentiel terrestre supposé Galiléen.

Q5. À l'aide d'une des lois de Newton que l'on citera, déterminer la relation entre le poids $\vec{P}$ du système et la poussée d'Archimède $\overrightarrow{P_a}$ qu'il subit lorsqu'il vole en ligne droite, à altitude et vitesse constante.

Q6. Vérifier que la charge maximale transportable par ce dirigeable à $3000\ \text{m}$ d'altitude est proche de $60\ \text{tonnes}$.

Partie 2. Chargement d'un tronc d'arbre

Un des défis à résoudre pour le transport de charge lourde est de pouvoir charger ou décharger le dirigeable en vol stationnaire, en quelques minutes.

Une des solutions technologiques envisagée est un transfert d'eau. À son départ, le dirigeable possède un réservoir rempli d'eau. Pour embarquer la charge en vol stationnaire, le dirigeable vide son réservoir d'une masse d'eau équivalente à la masse de la charge afin de rester fixe par rapport au sol.

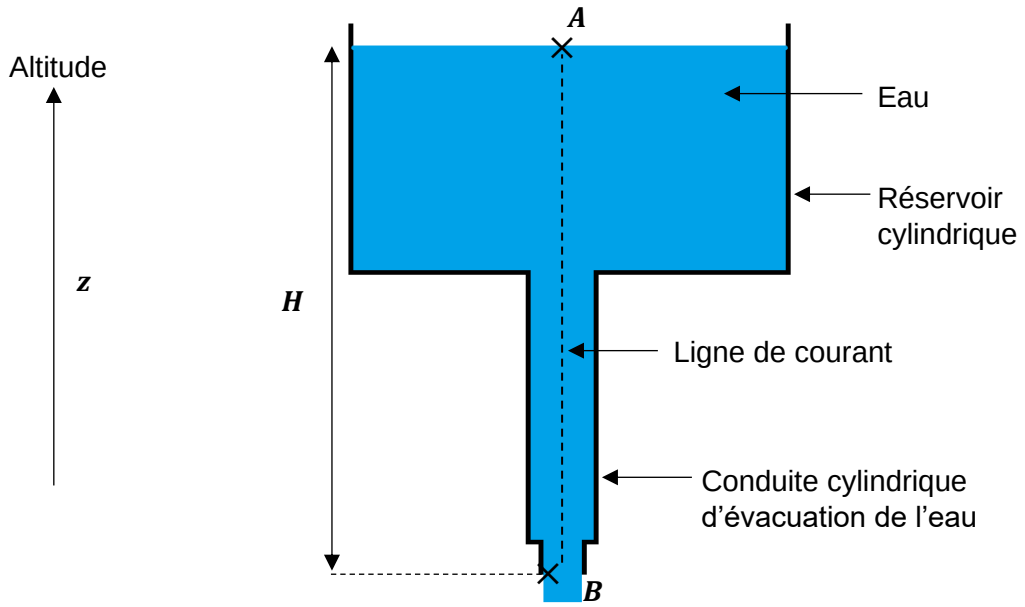


Figure 2. Schéma de principe du réservoir d'eau embarqué dans le dirigeable.

Données :

- diamètre du réservoir en A : $d_A = 3{,}0\ \text{m}$;
- diamètre du conduit au niveau de la sortie d'eau en B : $d_B = 15\ \text{cm}$;
- masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1000\ \text{kg·m}^{-3}$;
- hauteur H entre les points A et B : $H = 30\ \text{m}$;
- l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent peut être modélisé par la relation de Bernoulli. Sur une ligne de courant :

$$P + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}\,,$$

avec P la pression du fluide (en Pa), ρ la masse volumique du fluide (en $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$), v la vitesse d'écoulement du fluide (en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$) et z l'altitude (en m) ;

– dans une conduite, la relation entre le débit volumique D_V (en $\mathrm{m^3 \cdot s^{-1}}$), la vitesse d'écoulement v (en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$) d'un fluide incompressible en régime permanent et S l'aire de la section du conduit (en $\mathrm{m^2}$) est donnée par :

$$D_V = v \cdot S.$$

L'eau sera considérée comme un fluide incompressible, son écoulement s'effectue en régime permanent.

Q7. En exploitant la conservation du débit volumique, montrer que la vitesse d'écoulement v_{A} au point A est négligeable par rapport à la vitesse d'écoulement v_{B} au point B.

Q8. En appliquant la relation de Bernoulli sur la ligne de courant entre les points A et B et sachant que les pressions du fluide en A et B sont égales à la pression atmosphérique, montrer que la vitesse d'écoulement v_{B} du fluide en B est donnée par l'expression :

$$v_{\mathrm{B}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

On envisage la charge d'un morceau de bois de $m_{\mathrm{bois}} = 8\ \mathrm{tonnes}$.

Q9. Déterminer la durée minimale nécessaire pour la vidange de l'eau nécessaire au chargement de ce morceau de bois dans le dirigeable. Commenter le résultat obtenu.

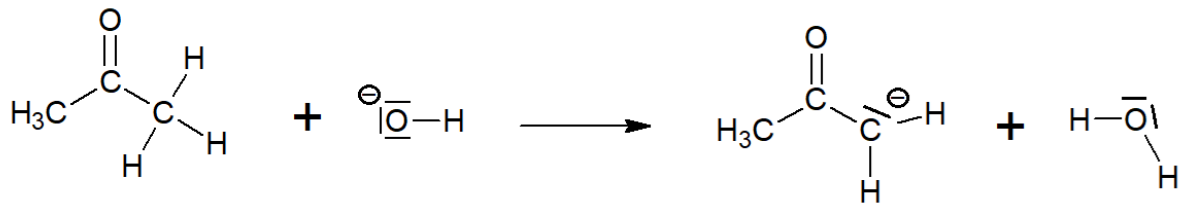
Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et doit être correctement présentée.

ANNEXES À RENDRE AVEC LA COPIE

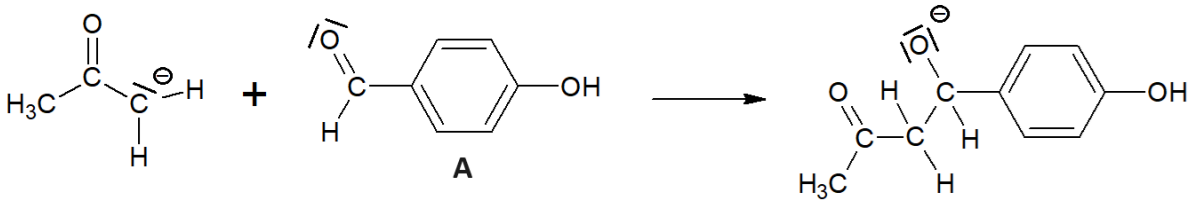
Document-réponse 1 (exercice 1, question Q4)

Mécanisme réactionnel de l'étape A → B dans la synthèse de la frambinone

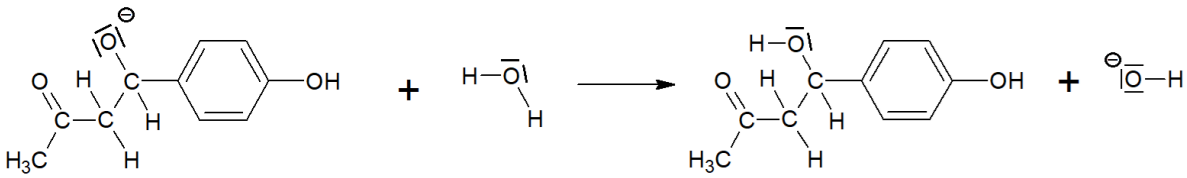
Acte élémentaire 1 :



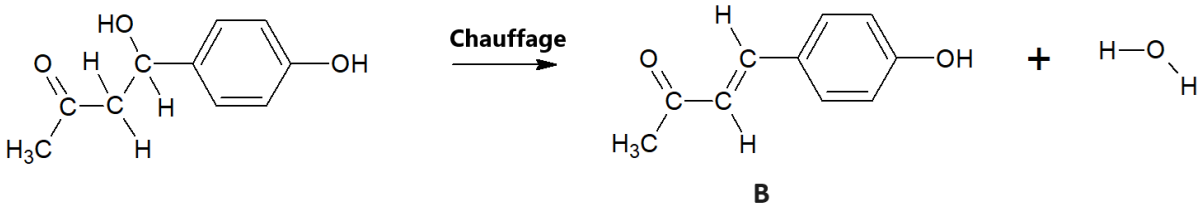
Acte élémentaire 2 :



Acte élémentaire 3 :



Acte élémentaire 4 :



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.)

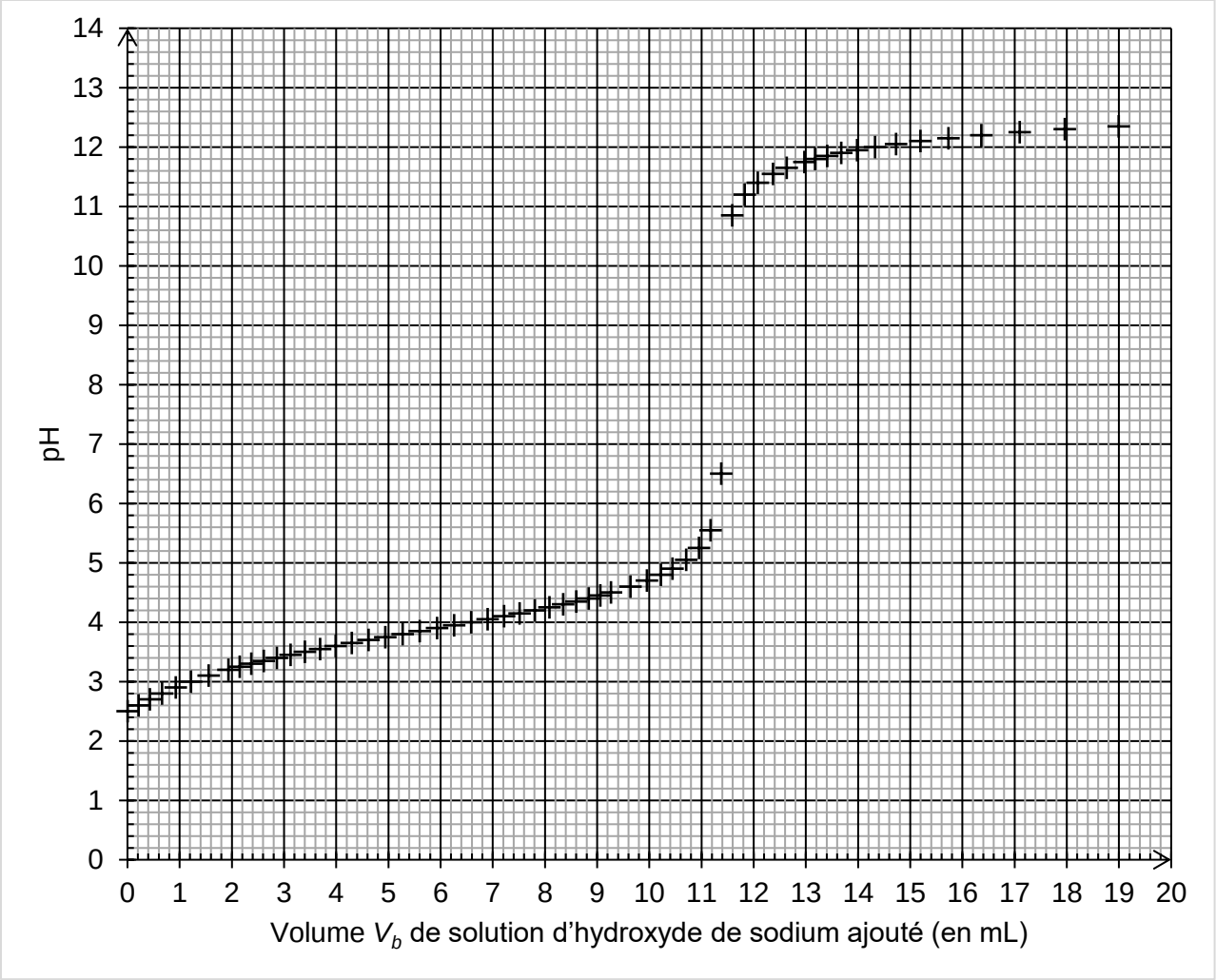
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

Document-réponse 2 (exercice 1, question Q16)

Évolution du pH en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium ajouté.



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