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 2022

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Physique-chimie et mathématiques

Mercredi 11 mai 2022

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 17 pages numérotées de 1/17 à 17/17.

Les documents réponses pages 14, 15, 16 et 17 sont à rendre avec la copie.

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

Le candidat sera attentif aux consignes contenues dans le sujet pour traiter les quatre exercices.

EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points)

(physique-chimie et mathématiques)

Lorsqu'un objet est lâché dans un fluide (air, eau, etc.), il subit, outre son poids et la poussée d'Archimède, des forces de frottement fluide. La modélisation de ces forces de frottement fluide conduit à considérer que :

- lorsque la vitesse de l'objet v est « faible », l'intensité des forces de frottement fluide est proportionnelle à v ;
- lorsque la vitesse de l'objet v est « élevée », l'intensité des forces de frottement fluide est proportionnelle à v^2.

Dans cet exercice, on se propose d'étudier expérimentalement le modèle des forces de frottement fluide dans le cas des faibles vitesses.

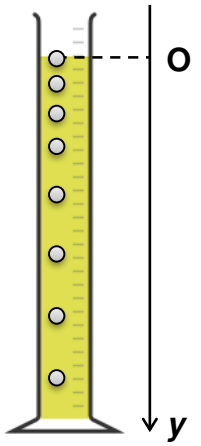
Étude expérimentale

On filme, à l'aide d'une webcam réglée à 50 images par seconde, la chute d'une bille d'acier dans l'huile d'olive contenue dans une éprouvette graduée. La bille est lâchée sans vitesse initiale par un électroaimant dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

La vidéo est ensuite analysée image par image à l'aide d'un logiciel approprié qui permet de repérer la position instantanée du centre G de la bille suivant un axe (O*y*) vertical orienté vers le bas.

La vitesse instantanée à un instant t_i est alors approchée par la vitesse moyenne entre les instants t_i et t_{i+1}. L'évolution, au cours du temps, de la valeur expérimentale de la vitesse v de la bille est représentée sur le **document réponse DR1 page 14, à rendre avec la copie**.

Chronophotographie de la chute de la bille



Données :

- Intensité de la pesanteur : g = 9,8 m·s^{-2}
- Masse de la bille : m = 4,1 g
- Rayon de la bille : R = 5,0 mm
- Masse volumique de l'huile à 20 °C : ρ_{huile} = 920 kg·m^{-3}
- Viscosité de l'huile à 20°C : η = 0,39 Pa·s
- Volume d'une sphère : $V = \frac{4}{3}\pi \times R^3$

1. Déterminer graphiquement, en ajoutant les traits de construction utiles sur le **document réponse DR1 page 14, à rendre avec la copie** :

- la valeur de la vitesse limite v_{lim} atteinte par la bille ;
- le temps caractéristique τ d'évolution de la vitesse.

Étude théorique du mouvement de la bille

On étudie le mouvement du système « bille », plongée dans l'huile, dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Lors de sa chute, la bille est soumise à plusieurs actions mécaniques :

- son poids $\vec{P}$;
- la poussée d'Archimède, notée $\overrightarrow{\prod}$, de sens contraire à celui du poids et d'expression $\overrightarrow{\prod} = -\rho_{huile} \cdot V_{im} \cdot \vec{g}$ où ρ_{huile} est la masse volumique de l'huile en kg·m^{-3}, V_{im} le volume immergé de l'objet en m^3 et g l'intensité de la pesanteur en m·s^{-2} ;
- la force de frottement $\vec{f}$ de l'huile sur la bille, que l'on suppose ici proportionnelle à la vitesse de chute de la bille avec $\vec{f} = -6\pi \cdot \eta \cdot R \cdot \vec{v}$ où η est la viscosité de l'huile en Pa·s, R le rayon de la bille en m et v la vitesse de la bille en m·s^{-1}.

2. Écrire l'expression vectorielle de la seconde loi de Newton appliquée au système « bille ».

3. Par projection de l'expression vectorielle de la seconde loi de Newton sur l'axe (O*y*), établir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v de la bille. Écrire cette équation différentielle sous la forme $\frac{dv}{dt} = A \times v + B$ et exprimer les coefficients A et B en fonction de m, g, ρ_{huile}, η et R.

4. À l'aide des données, poser explicitement les calculs qui permettraient de déterminer la valeur numérique du coefficient A en s^{-1} et celle du coefficient B en m·s^{-2}. Les applications numériques ne sont pas à réaliser.

Pour établir l'expression de la vitesse de la bille, les données physiques de l'expérience conduisent à résoudre l'équation différentielle (E) : $y' = -9\,y + 8{,}6$.

5. Déterminer la fonction solution de l'équation différentielle (E) s'annulant en 0.

6. Montrer que la limite de $0{,}96\,(1 - e^{-9t})$ lorsque t tend vers $+\infty$ est égale à $0{,}96$.

Dans le contexte de l'expérience, on prendra, pour exprimer la vitesse de la bille en fonction du temps t, la fonction v définie sur $[0\,;\,0{,}8]$ par $v(t) = 0{,}96\,(1 - e^{-9t})$. La vitesse de la bille est exprimée en m.s^{-1} et le temps t est exprimé en secondes.

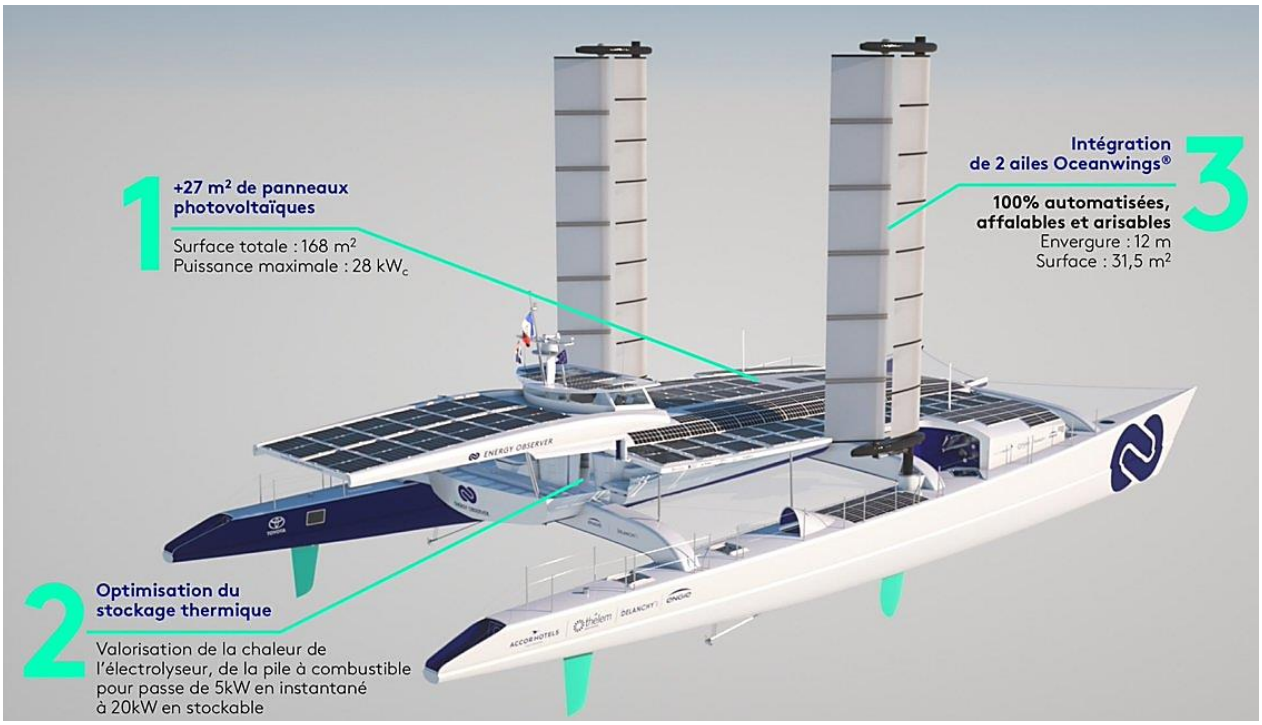
7. Expliquer en quoi la comparaison de la valeur obtenue à la question 6 aux résultats de l'étude expérimentale fournit un argument en faveur du choix du modèle des forces de frottement fluide effectué en début d'exercice.

EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

(physique-chimie)

Energy Observer est le premier navire à hydrogène autonome en énergie, sans émission de gaz à effet de serre ou de particules fines. Ce navire du futur à propulsion fonctionne avec trois sources d'énergie renouvelables (solaire, éolien et hydrolien) et deux formes de stockage d'énergie (batteries pour le court terme et dihydrogène pour le long terme). Durant la journée, la propulsion du bateau est assurée grâce à l'énergie solaire. Dès que la nuit tombe et que les batteries atteignent environ 20 % de leur capacité, la pile à combustible démarre automatiquement afin de remonter leur niveau de charge. Cette opération peut être réalisée en moins de deux heures. Ainsi, la vitesse peut être maintenue et les pics de consommation nocturnes respectés (repas, vie à bord, envois de données, eau chaude produite avec la chaleur de la pile).

Huit réservoirs de 332 L permettent de stocker un total de 63 kg de dihydrogène, soit l'équivalent en énergie de 230 L d'essence. Ce volume total représente une énergie nette stockée de 1,0 MWh.

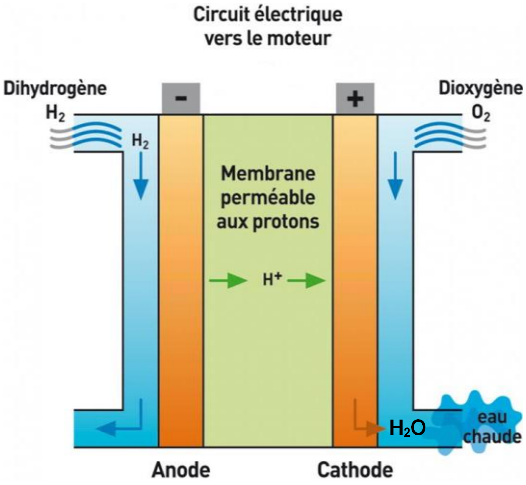


Source : d'après https://www.energy-observer.org/fr/innovations/double-batteries-hydrogene

Energy observer est équipé d'une pile à hydrogène. Une pile de ce type a été réalisée pour la première fois en laboratoire en 1839 par le britannique William Grove. Plus récemment, elle a été exploitée dans le cadre de la conquête spatiale (missions Apollo, etc.).

Il s'agit d'un générateur électrochimique permettant de transformer directement l'énergie chimique d'un combustible (le dihydrogène, H_2) en énergie électrique.

La pile est constituée de deux électrodes (anode et cathode) séparées par une membrane qui bloque le passage des électrons mais laisse circuler les protons.



Source : d'après https://www.reussir.fr/machinisme/la-pile-combustible-pour-sassurer-contre-les-microcoupures-delectricite

Données :

- Couples oxydant-réducteur : $H^+_{(aq)}$ / $H_{2(g)}$ et $O_{2(g)}$ / $H_2O_{(l)}$.
- Énergie chimique libérée par une mole de dihydrogène lors du fonctionnement de la pile à hydrogène : $E = 2{,}4 \times 10^5$ J.
- Masse molaire atomique de l'hydrogène : 1,0 g·mol^{-1}.
- 1 Wh = 3600 J.

1. Compléter le schéma du **document réponse DR2 page 15, à rendre avec la copie**, en faisant figurer les formes d'énergie qui interviennent.

2. Écrire les équations des réactions électrochimiques ayant lieu à chacune des électrodes. Préciser pour chacune d'elles s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

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

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

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

6. En déduire l'énergie chimique disponible en J puis en Wh.

7. Le rendement de la pile étant égal à 46 %, calculer la quantité d'énergie électrique disponible pour recharger les batteries. Montrer que ce résultat est cohérent avec les indications du **texte de présentation**, **page 4**.

Lors de la traversée Nassau (Bahamas) - Fort de France (Martinique) du 15 au 28 juillet 2020, la pile à hydrogène a fourni une puissance moyenne électrique de 30 kW. La durée totale d'utilisation de la pile au cours de la traversée a été de 24 h. L'énergie électrique totale pouvant être délivrée par cette pile était de 1,0 MWh.

On considèrera dans cette question la pile comme un générateur idéal de tension.

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

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

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

EXERCICE 3 commun à tous les candidats (4 points)

(mathématiques)

Le candidat doit traiter quatre questions parmi les six que comporte l'exercice.

Les questions sont indépendantes.

Le candidat choisit les quatre questions auxquelles il répond et indique clairement leur numéro sur sa copie en début d'exercice. Seules ces questions sont évaluées. Chacune d'elles est notée sur un point.

Traiter une question supplémentaire ne rapporte aucun point.

Question 1

Soit la fonction f définie et dérivable sur $\mathbb{R}$ par

$$f(x) = (8x - 2)e^{-x}$$

On note f' sa fonction dérivée.

Déterminer $f'(x)$ pour tout $x \in \mathbb{R}$.

Question 2

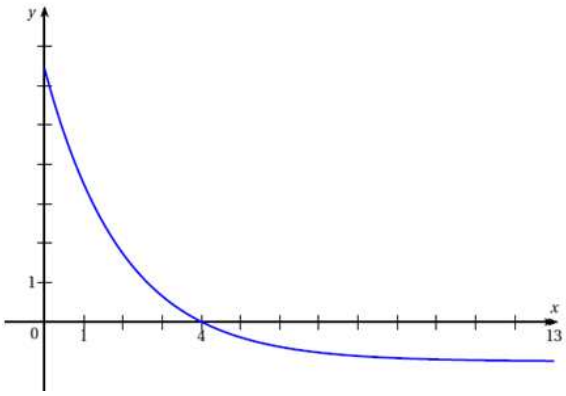
Soit la fonction f définie sur $\mathbb{R}$ par

$$f(x) = (8x - 2)e^{-x}$$

Résoudre $f(x) = 0$.

Question 3

On considère une fonction g définie et dérivable sur l'intervalle [0 ; 13].
On note g' sa fonction dérivée.
On donne ci-dessous la courbe représentative de la fonction dérivée g' sur l'intervalle [0 ; 13].



Julien affirme que la fonction g est décroissante sur l'intervalle [0 ;13].
Julien a-t-il raison ? Justifier.

Question 4

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

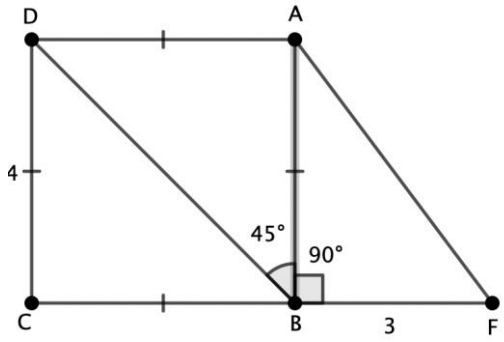
Question 5

Soit f la fonction définie et dérivable sur $\mathbb{R}$ par $f(x) = e^{6x} - 1$.

Déterminer la limite de la fonction f lorsque x tend vers $-\infty$.

Question 6

ABCD est un carré de côté 4 et ABF est un triangle rectangle en B avec BF= 3 comme indiqué sur la figure ci-dessous.



Donner la valeur du produit scalaire $\overrightarrow{BF}.\overrightarrow{BD}$

EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

(physique-chimie)

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice choisi : EXERCICE 4-A ou EXERCICE 4-B.

EXERCICE 4-A

Mots-clés : cinétique chimique, réactions acido-basiques

Apportée au sol, l'urée, de formule $CO(NH_2)_2$ doit être transformée en ions ammonium (NH_4^+) puis en ions nitrate (NO_3^-) avant que les plantes ne puissent l'absorber.

Les enzymes uréases du sol sont des vecteurs de ce processus qui comporte une étape d'hydrolyse.

Source : d'après https://www.yara.fr/fertilisation/pur-nutriment/urease-inhibitors

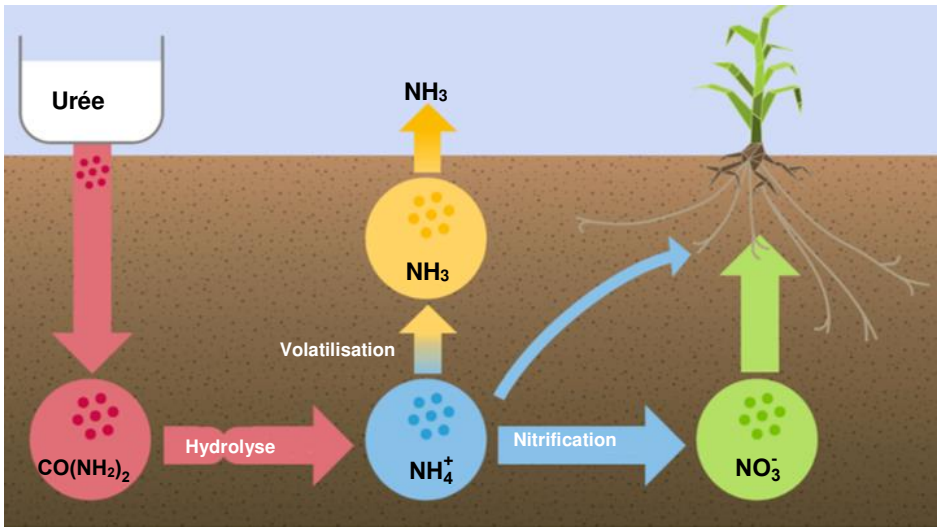


Schéma représentant le processus de transformation de l'urée dans le sol

Source : d'après https://www.ufarevue.ch/fre/production-vegetale/la-bonne-forme-au-bon-moment

La réaction d'hydrolyse de l'urée libère des ions ammonium NH_4^+ et carbonate CO_3^{2-} selon l'équation suivante :

$$CO(NH_2)_{2\,(aq)} + 2\,H_2O_{(\ell)} \rightarrow 2\,NH_{4\,(aq)}^+ + CO_{3\,(aq)}^{2-}$$

L'objectif de cet exercice est d'étudier la cinétique de cette réaction d'hydrolyse de l'urée. On réalise pour cela trois expériences de suivi cinétique de celle-ci, où l'eau est toujours en large excès.

Expérience	Concentration initiale en urée	Température
1	0,10 mol·L^{-1}	75°C
2	0,20 mol·L^{-1}	75°C
3	0,20 mol·L^{-1}	95°C

Les courbes tracées grâce à ces expériences sont présentées dans le **document réponse DR3 page 16, à rendre avec la copie**.

1. Définir le temps de demi-réaction.

2. À l'aide des courbes du **document réponse DR3 page 16, à rendre avec la copie**, déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-réaction pour chacune des trois expériences. Les traits de construction apparaîtront sur chaque courbe.

3. En déduire l'influence de la concentration initiale en urée sur la durée de la transformation chimique. Justifier.

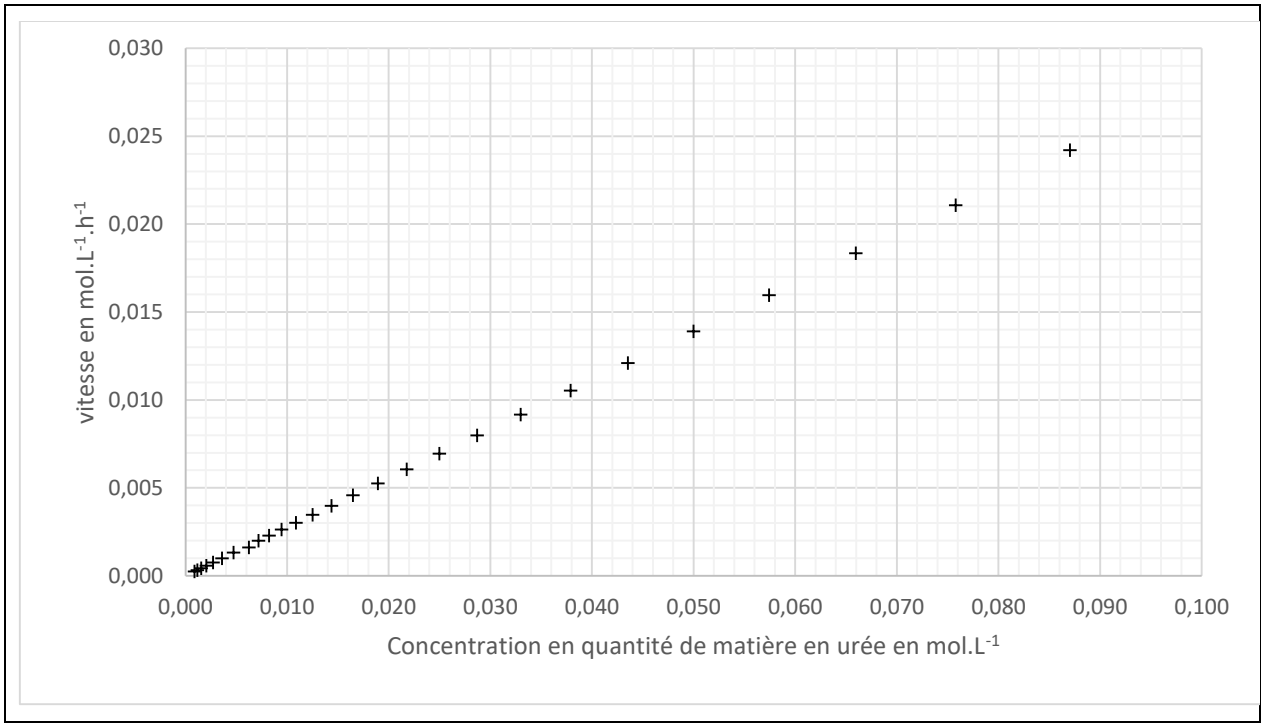
4. À l'aide des résultats de la **question 2**, déterminer l'influence de la température sur la durée de la transformation chimique. Justifier.

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

On s'intéresse désormais **uniquement à l'expérience 1.**

6. Écrire la relation de définition de la vitesse de disparition de l'urée au cours du temps.

La courbe ci-dessous présente l'évolution de la vitesse de disparition de l'urée en fonction de la concentration en urée.



7. À l'aide de la courbe ci-dessus, montrer que la réaction d'hydrolyse de l'urée suit une loi de vitesse d'ordre 1 par rapport à l'urée.

8. À partir de la relation écrite à 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 en urée notée $[\text{urée}]_0$.

9. Déterminer graphiquement la constante de vitesse *k* en h^{-1}.

10. On reproduit l'expérience 1 en présence d'une enzyme naturellement présente dans les sols : l'uréase. On détermine alors un temps de demi-réaction égal à 2 μs. Indiquer le rôle joué par l'uréase. Expliquer la réponse.

La dissolution de granulés d'urée dans le sol entraîne localement une augmentation temporaire du *pH* du sol liée à la formation d'ions hydroxyde HO^-. L'ion ammonium, lié aux particules du sol, se transforme alors en ammoniac gazeux (NH_3) qui s'échappe dans l'atmosphère, augmentant les pertes en élément azote par volatilisation (voir le **schéma représentant le processus de transformation de l'urée dans le sol page 9**).

11. La transformation des ions ammonium NH_4^+ en ammoniac gazeux NH_3 fait intervenir les couples acide-base NH_4^+ / NH_3 et H_2O / HO^-. Écrire les équations de réactions acido-basiques associées à chacun de ces deux couples acide-base.

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

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

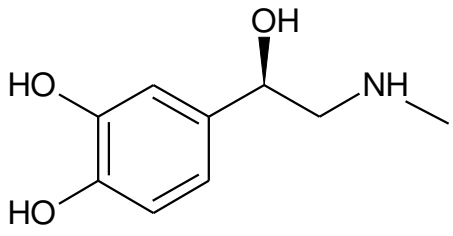
EXERCICE 4-B

Mots-clés : structure spatiale des espèces chimiques, diagramme de prédominance

L'adrénaline est une hormone aussi appelée « épinéphrine » et principalement sécrétée par les glandes surrénales, situées au-dessus des reins. Elle est libérée dans le sang essentiellement en cas d'émotions intenses : la peur, la colère, le stress… C'est la raison pour laquelle elle est parfois surnommée « l'hormone des sensations fortes ». La présence de cette hormone dans le sang déclenche alors toute une série de réactions en chaîne. Les effets sont nombreux et très rapides : augmentation du rythme cardiaque et du pouls, élévation de la pression artérielle, dilatation des bronches et des pupilles, etc. Toutes ces manifestations n'ont qu'un seul but : nous rendre plus alerte et vigilant afin d'affronter le danger à venir.

Source : d'après *Le journal des femmes*

Formule topologique de la forme naturelle de l'adrénaline :



Données :

Numéros atomiques : H (Z = 1), C (Z = 6), N (Z = 7), O (Z = 8).

Étude de la structure de l'adrénaline

1. Sur le **document réponse DR4 page 17, à rendre avec la copie**, entourer le groupe caractéristique correspondant à la fonction amine.

2. Sur le **document réponse DR4 page 17, à rendre avec la copie**, repérer par un astérisque le (ou les) carbone(s) asymétrique(s). Indiquer si cette molécule est chirale. Justifier.

3. Classer les groupes liés au(x) carbone(s) asymétrique(s) à l'aide des règles de Cahn, Ingold et Prelog en expliquant la démarche suivie.

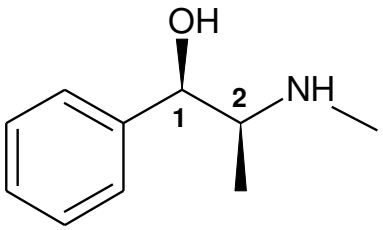
4. En déduire la configuration absolue (R ou S) de la forme naturelle de la molécule d'adrénaline en expliquant la démarche suivie.

5. Représenter en perspective de Cram un stéréoisomère de la molécule d'adrénaline différent de celui de sa forme naturelle fournie sur la figure précédente. Préciser la relation d'isomérie qui existe entre ces deux molécules.

Étude de la structure et de propriétés acido-basiques de l'éphédrine

La molécule d'éphédrine a une structure voisine de l'adrénaline dont elle renforce l'action.

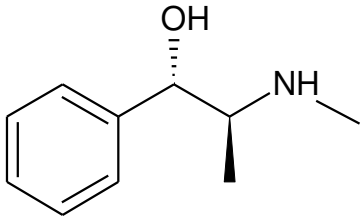
Formule topologique d'une forme naturelle de l'éphédrine (molécule E1) :



La configuration absolue de la molécule E1 est (1R, 2S).

Un stéréoisomère de la molécule E1 est représenté ci-dessous. Il sera noté molécule E2.

Molécule E2 :



6. Indiquer la configuration absolue de la molécule E2.

7. Nommer la relation de stéréoisomérie existant entre la molécule E1 et la molécule E2. Justifier.

On note à présent B la molécule d'éphédrine et BH^+ son acide conjugué.

Données :

- Le *pKa* du couple BH^+ / B mettant en jeu l'éphédrine est égal à 9,65.
- La valeur du *pH* du sang est comprise entre 7,32 et 7,42.
- Couples acide-base de l'eau : H_3O^+ / H_2O et H_2O / HO^-.

8. Définir une base au sens de Brönsted.

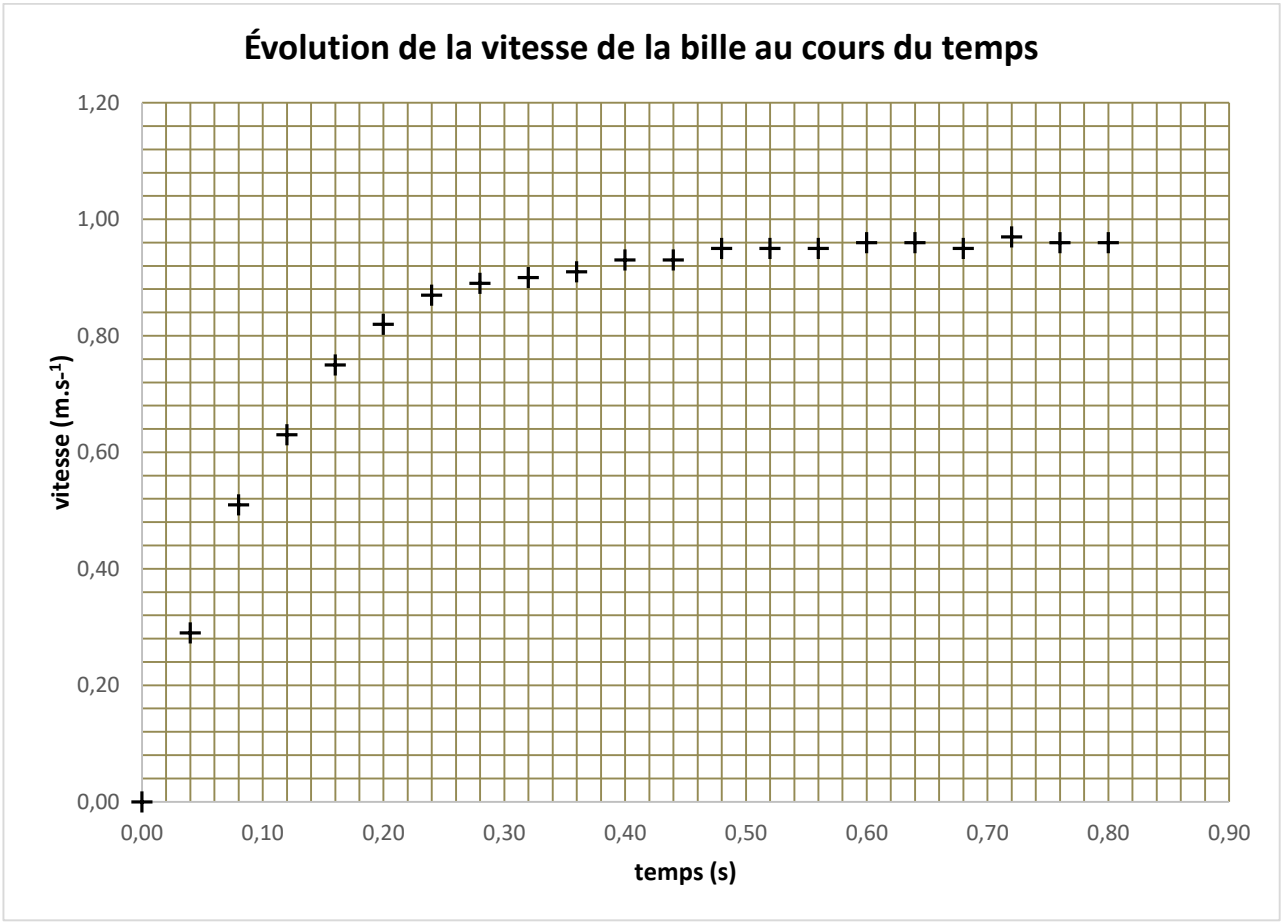
9. Écrire l'équation de réaction de l'éphédrine avec l'eau.

10. Représenter le diagramme de prédominance du couple BH^+ / B.

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

ANNEXES

Document réponse DR1 à rendre avec la copie



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.)

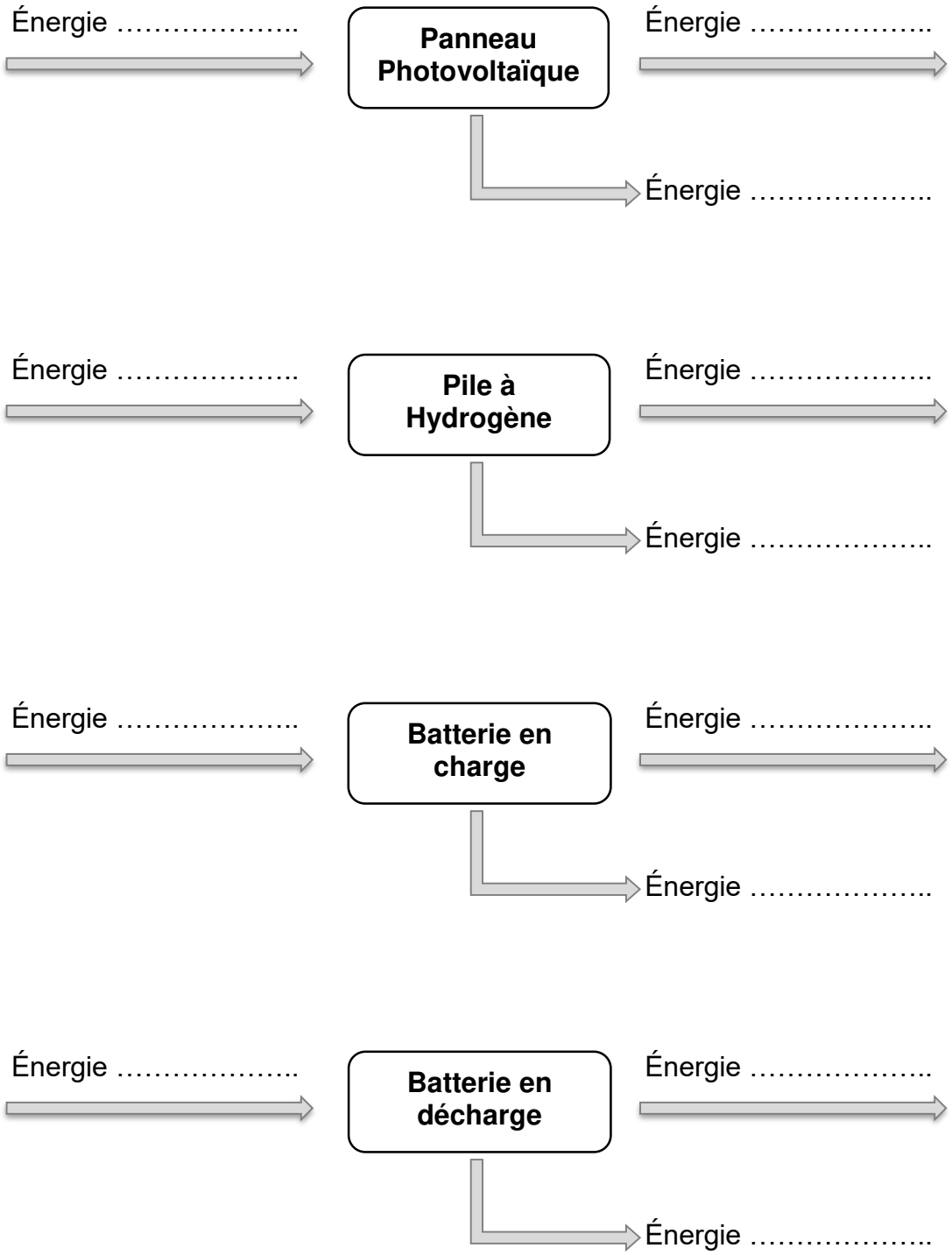
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponse DR2 à rendre avec la copie

Compléter le schéma, en faisant figurer les formes d'énergie qui interviennent (énergie chimique, énergie électrique, énergie lumineuse, énergie thermique).



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

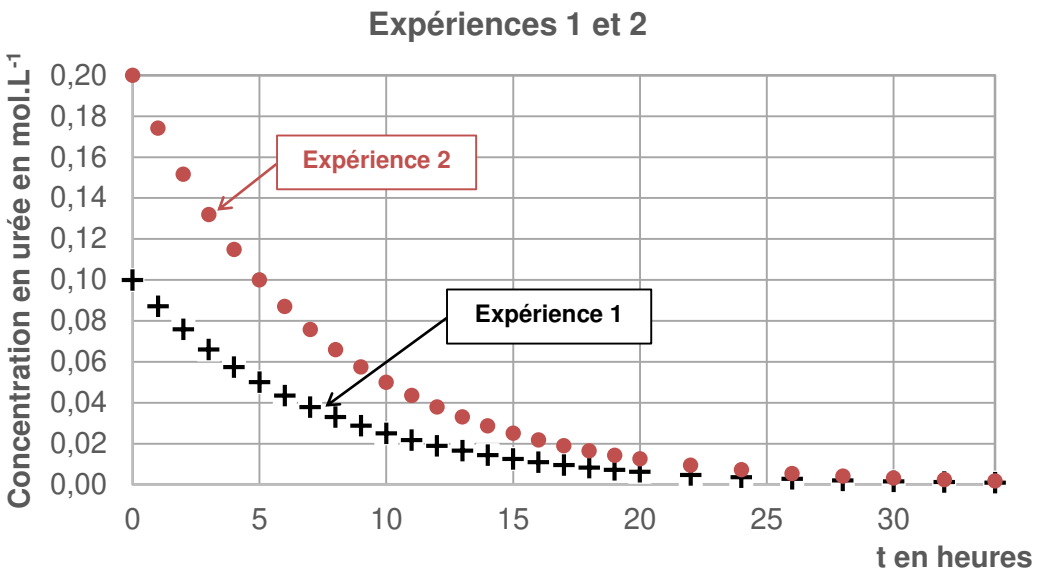
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

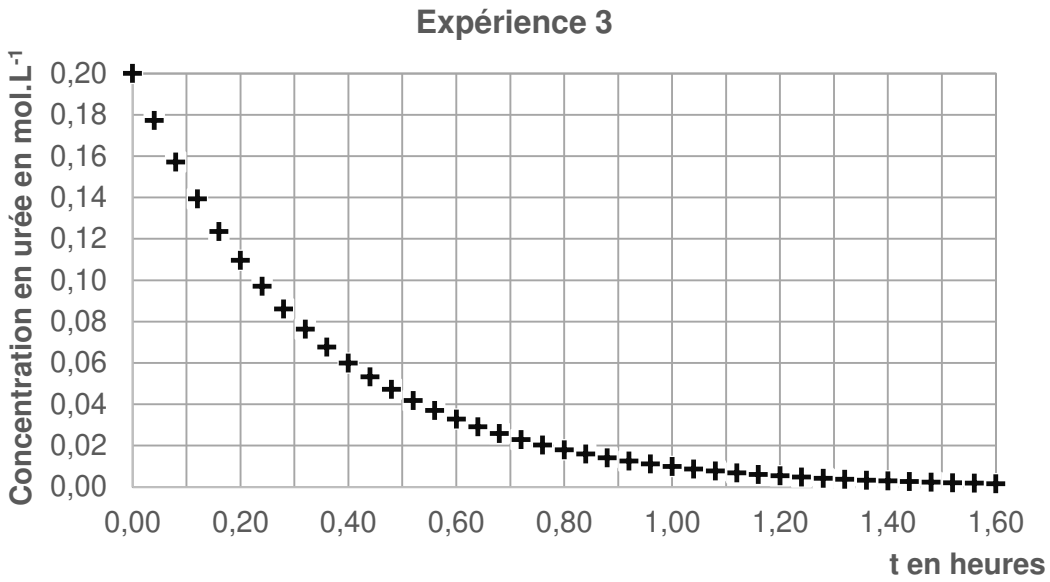
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponse DR3 à rendre avec la copie





Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

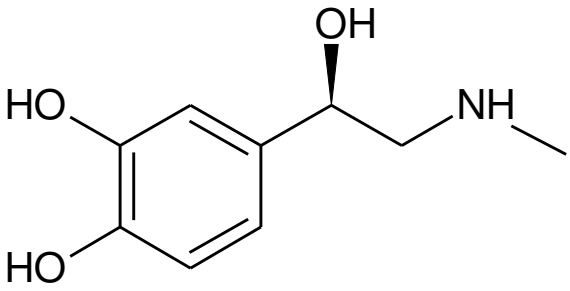
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponse DR4 à rendre avec la copie



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.