BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Physique-Chimie et Mathématiques

ÉPREUVE DU MERCREDI 19 juin 2024

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 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11 dans la version originale et **22 pages numérotées de 1/22 à 22/22 dans le sujet en caractères agrandis**.

Les pages numérotées 21/22 et 22/22 sont à rendre avec la copie.

PHYSIQUE-CHIMIE : 14/20 points

MATHÉMATIQUES : 6/20 points

EXERCICE 1 (5 points)

(physique-chimie et mathématiques)

Le parkour

Source : *https://www.radiofrance.fr/mouv/le-parkour-un-sport-en-voie-de-feminisation-6723019*

Le parkour est une discipline sportive acrobatique qui consiste à franchir des obstacles urbains ou naturels sans l’aide de matériel. La photographie ci-dessous montre un exemple de saut réalisé par une traceuse.

Une traceuse s’apprête à sauter du haut d’un mobilier de rue, noté bloc A sur la **figure 1**, dans le but d’atteindre le bloc B distant de $4{,}0\ \mathrm{m}$ du bloc A et plus bas de $2{,}0\ \mathrm{m}$.

La traceuse est modélisée par un point matériel M de masse m évoluant dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$. Dans ce modèle, on néglige la résistance de l'air et on suppose que la traceuse n'est soumise qu'à son poids. L'étude est menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen où les blocs A et B sont immobiles.

La position de la traceuse sera repérée par le point M de coordonnées $(x(t)\ ;\ y(t))$ dans le repère représenté **figure 1**, la variable t, exprimée en secondes, étant étudiée sur l'intervalle $[0\ ;1]$.

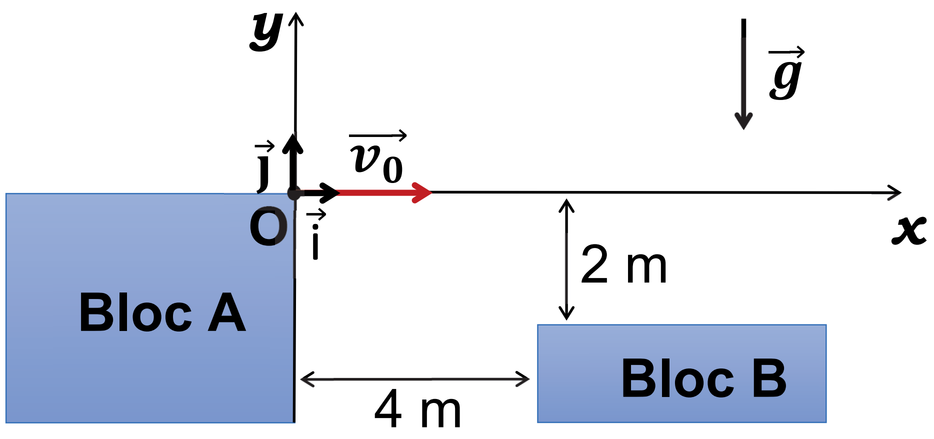


Figure 1 : schématisation des conditions du saut

La traceuse arrive en courant à l'extrémité du bloc A. À l'instant $t = 0$, elle s'élance du point origine O avec un vecteur vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ orienté selon l'axe horizontal (Ox) : $\overrightarrow{v_0} = v_0\,\vec{\imath}$ avec $v_0 = 7{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. On cherche à savoir si la traceuse réussira à atteindre le bloc B.

Données :

- Masse de la traceuse $m = 50\ \mathrm{kg}$
- Intensité du champ de pesanteur $g = 9{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

1. Donner la direction et le sens du vecteur poids ainsi que l'expression littérale de sa norme.

2. En appliquant la deuxième loi de Newton au point M, montrer que les coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération $\vec{a}$ sont :

$$\begin{cases} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = -g \end{cases}$$

Pour t appartenant à l'intervalle $[0\,;1]$, on note $v_x(t)$ et $v_y(t)$ les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}$:

▶ v_x est la primitive de la fonction a_x vérifiant $v_x(0) = v_0$;

▶ v_y est la primitive de la fonction a_y vérifiant $v_y(0) = 0$.

3. Déterminer les expressions $v_x(t)$ et $v_y(t)$.

Pour t appartenant à l'intervalle $[0\,;1]$, $x(t)$ et $y(t)$ sont les coordonnées du point M donnant la position de la traceuse :

▶ x est la primitive de la fonction v_x vérifiant $x(0) = 0$;

▶ y est la primitive de la fonction v_y vérifiant $y(0) = 0$.

4. Justifier que les lois horaires du mouvement de la traceuse s'écrivent :

$$\begin{cases} x(t) = v_0\, t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2}\, g\, t^2 \end{cases}$$

5. Dans l'intervalle $[0\,;1]$, résoudre l'équation $y(t) = -2$ dans laquelle la grandeur y est exprimée en mètres. Arrondir la solution à 10^{-3}.

On note t_c la solution de l'équation $y(t) = -2$.

Pour la suite de l'exercice, on prendra pour t_c la valeur $0{,}64\ \mathrm{s}$.

6. Déterminer l'abscisse $x(t_c)$ de la position de la traceuse à l'instant t_c.

7. Déterminer la valeur numérique de l'instant où l'abscisse de la position de la traceuse est égale à $4{,}0\ \mathrm{m}$.

8. En déduire la valeur numérique de l'ordonnée de la position de la traceuse à l'instant où l'abscisse de cette position est $4{,}0\ \mathrm{m}$.

9. En utilisant les résultats précédents, en déduire si la traceuse atteint le bloc B.

EXERCICE 2 (6 points)

(physique-chimie)

Étude d'un indicateur coloré

Le bleu de bromothymol est un indicateur coloré souvent utilisé lors de dosages acido-basiques. Ses formes acide et basique constituent un couple acide base qui sera noté $\mathrm{BBTH^+/BBT}$. Elles présentent des teintes différentes en solution aqueuse : jaune pour $\mathrm{BBTH^+}$ et bleue pour BBT.

Les spectres d'absorption 1 et 2 présentés sur la **figure 1** ci-après ont été obtenus par spectrophotométrie UV-visible. On désire déterminer le spectre (1 ou 2) correspondant à chaque espèce chimique : $BBTH^+$et BBT.

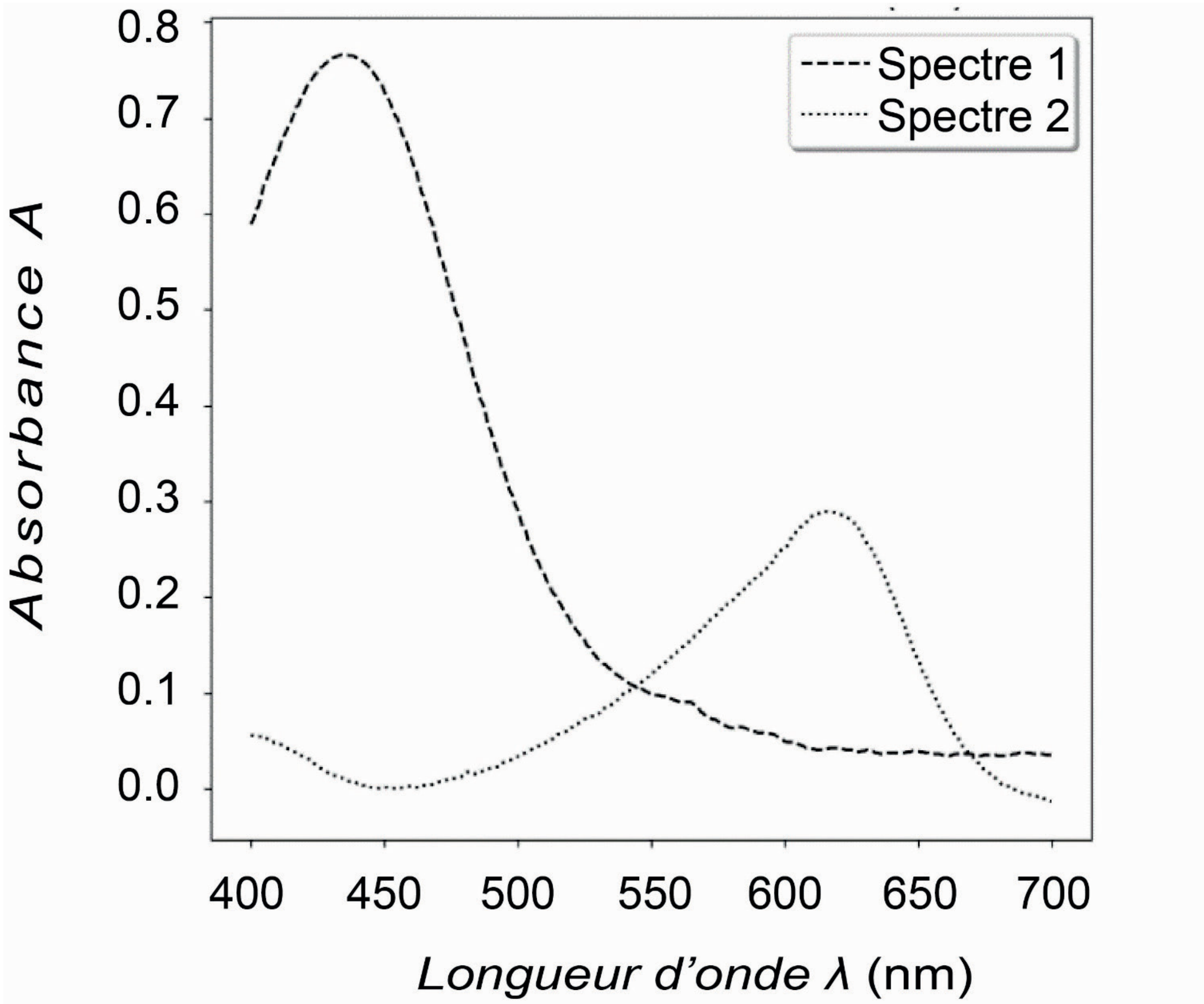


Figure 1 : spectres d'absorption des formes acide et basique du bleu de bromothymol

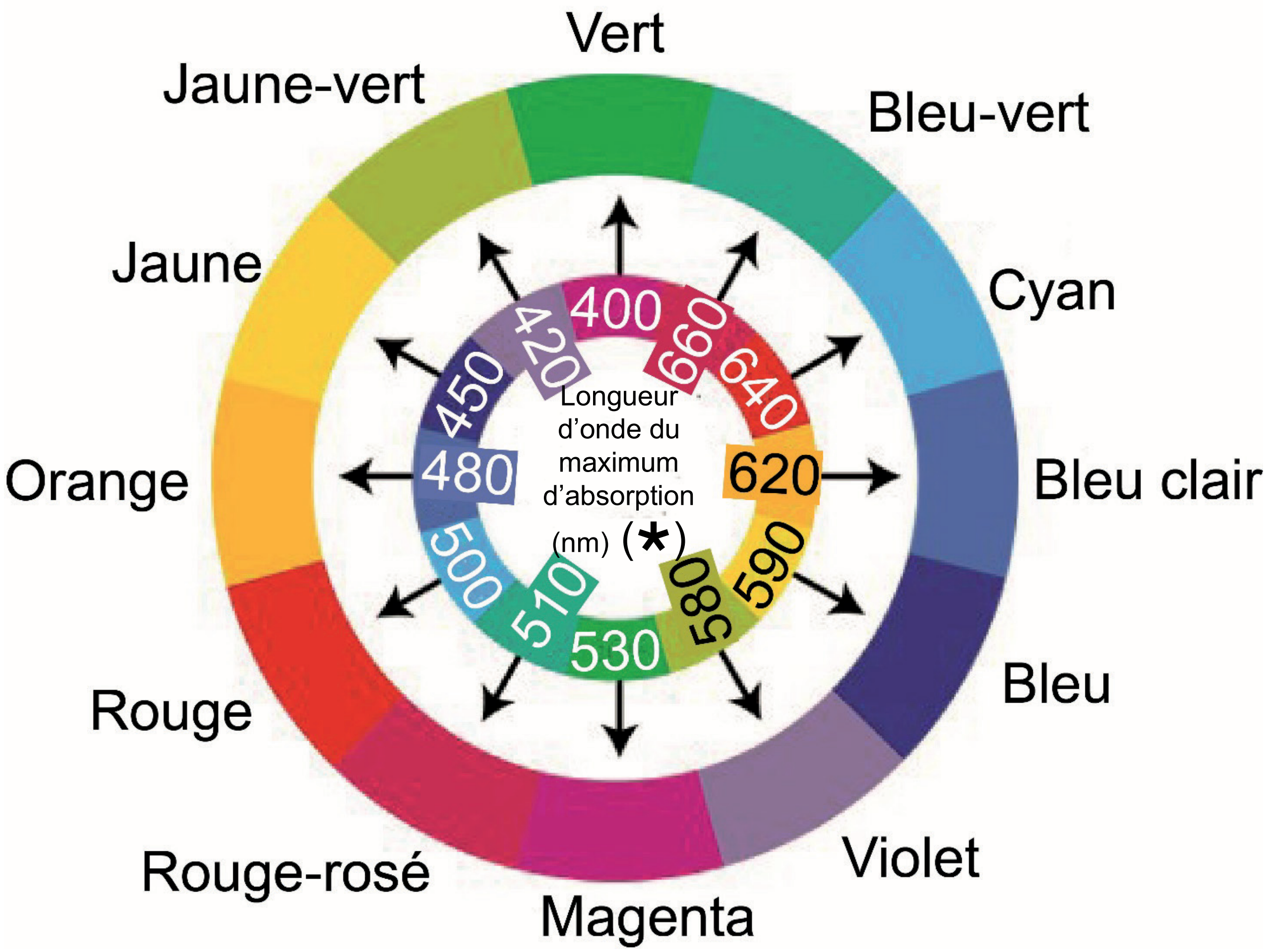
1. Déterminer, pour chacun des spectres 1 et 2, la longueur d'onde $\lambda_{\max}$ correspondant au maximum d'absorption.

La **figure 2**, fournie sur la page suivante, présente le cercle chromatique.

Exemple d'utilisation : une solution ayant un maximum d'absorption à la longueur d'onde $\lambda_{max} = 530 \text{ nm}$ apparaîtra de couleur magenta.

2. À l'aide de la **figure 2**, déterminer la couleur de chacune des solutions utilisées pour tracer les spectres 1 et 2.

3. Associer, en justifiant la réponse, les spectres 1 et 2 aux espèces chimiques BBTH^+ et BBT.



(★) Longueur d'onde du maximum d'absorption (nm)

Figure 2 : le cercle chromatique

Source : *d'après https://nutrixeal-info.fr/index/carotenoides*

On souhaite maintenant déterminer le pKa du couple $\mathrm{BBTH}^+/\mathrm{BBT}$. Des solutions aqueuses de bleu de bromothymol (voir **figure 3** ci-après) sont préparées à des pH différents, en vue d'une étude spectrophotométrique.

Les couleurs vont du jaune (pH les plus faibles) au bleu (pH les plus élevés) en passant par la couleur verte.

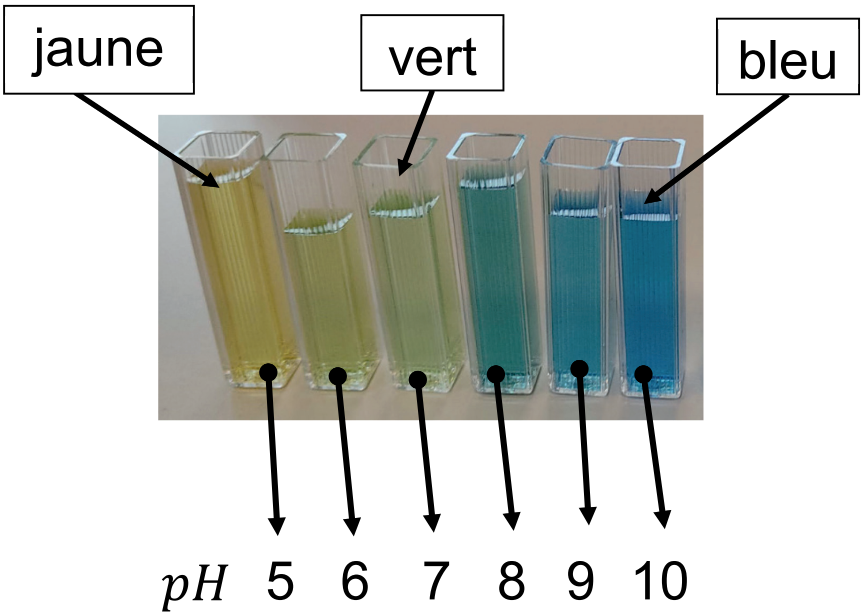


Figure 3 : variation de la couleur d'une solution aqueuse de bleu de bromothymol en fonction du pH

On mesure l'absorbance, à une longueur d'onde judicieuse, des différentes solutions présentées sur la **figure 3**. Ces valeurs d'absorbance permettent de calculer les concentrations en quantité de matière des espèces chimiques BBT et $\mathrm{BBTH^+}$, notées respectivement $[\mathrm{BBT}]$ et $[\mathrm{BBTH^+}]$, puis d'établir le diagramme de distribution représentant l'évolution des concentrations $[\mathrm{BBT}]$ et $[\mathrm{BBTH^+}]$ en fonction du pH de la solution. Ce diagramme est disponible dans le **document réponse DR1 page agrandie 21/22 à rendre avec la copie**.

4. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique ayant lieu entre l'espèce chimique $BBTH^+$ et l'eau.

5. Exprimer la constante d'acidité Ka du couple $\mathrm{BBTH^+/BBT}$ en fonction des concentrations en quantité de matière des espèces chimiques présentes en solution.

6. Écrire la relation entre la constante d'acidité Ka et le pKa d'un couple acide-base.

On admet que le pKa du couple $\mathrm{BBTH^+/BBT}$ s'exprime de la façon suivante :

$$pKa = pH - \log \frac{[\mathrm{BBT}]}{[\mathrm{BBTH^+}]}$$ **relation (1)**

7. À l'aide de la **relation (1)**, montrer que la valeur du pH d'un mélange équimolaire des espèces $\mathrm{BBTH^+}$ et BBT est égale au pKa du couple $\mathrm{BBTH^+/BBT}$.

8. En s'appuyant sur la réponse à la question 7 et sur le diagramme de distribution du **document réponse DR1 page agrandie 21/22 à rendre avec la copie**, déterminer la valeur du pKa du couple $\mathrm{BBTH^+/BBT}$. Le raisonnement sera clairement explicité et les traits de construction devront apparaitre sur le diagramme.

9. Tracer le diagramme de prédominance du couple $\mathrm{BBTH^+/BBT}$.

Un technicien prépare une solution tampon à partir des espèces chimiques $\mathrm{BBTH^+}$ et BBT.

10. Donner la définition d'une solution tampon.

11. Déterminer, en justifiant la réponse, la couleur de la solution tampon préparée par le technicien.

EXERCICE 3 **(4 points)**

(mathématiques)

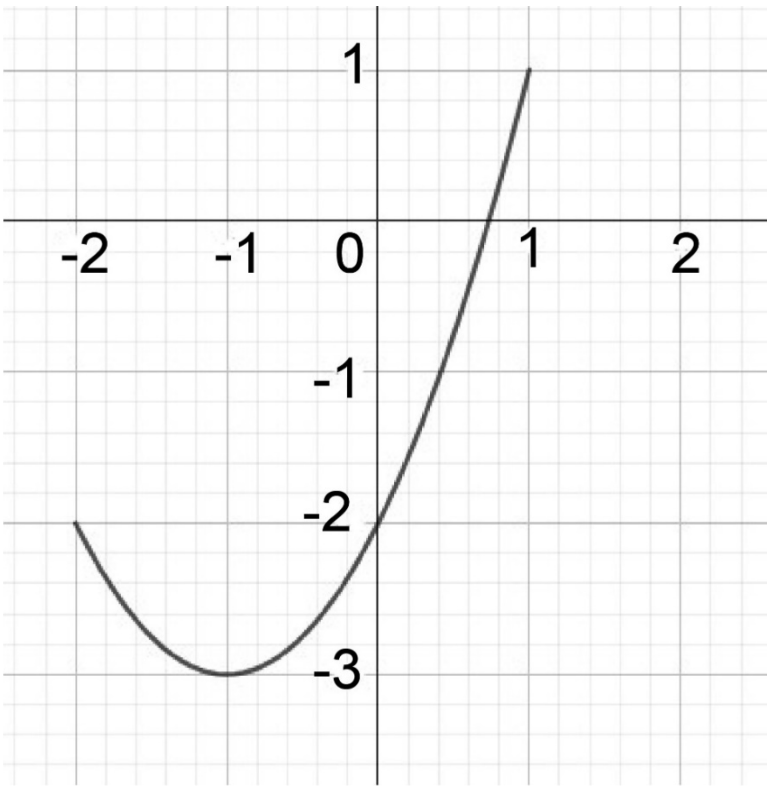
Dans cet exercice, les quatre questions sont indépendantes.

Il faut traiter les quatre questions.

Question 1

On considère ci-dessous la courbe représentative d'une fonction f définie sur $[-2\,;1]$.

Par lecture graphique, déterminer $f(0)$.



Question 2

Soit f la fonction définie sur $\mathbb{R}$ par $f(x) = 2e^x + 3x - 2$.

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

Question 3

Soit f la fonction définie sur $\mathbb{R}$ par $f(x) = (3x + 2)e^{x-1}$.

En détaillant les calculs, justifier que $f(1)$ est un entier.

Question 4

Soit f la fonction définie sur $]0; +\infty[$ par $f(x) = 2x + 1 - \frac{1}{x}$.

Déterminer une primitive F de la fonction f sur $]0; +\infty[$.

EXERCICE 4 **(5 points)**

(physique-chimie)

Source : *https://veasybike.com*

On considère une lampe de signalisation arrière pour vélo et son système d'alimentation. Cet éclairage, accroché sous la selle du cycliste, émet de la lumière en continu ou des flashs lumineux afin d'améliorer la visibilité de la personne lors de ses déplacements.

Cette lampe est alimentée par un accumulateur Ni-Cd, de capacité $Q = 700\ \mathrm{mAh}$, pour lequel la valeur de la tension nominale, supposée constante, est $U = 4{,}8\ \mathrm{V}$.

Données :

▶ $1\ \mathrm{Ah} = 3600\ \mathrm{C}$

▶ Masse molaire : $M(\mathrm{Cd}) = 112{,}4\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

▶ Constante de Faraday (ou charge par mole de charges élémentaires) :

$F = 9{,}65 \times 10^4\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$

▶ Couples oxydant/réducteur : $\mathrm{Ni^{2+}(aq)/Ni(s)}$ et $\mathrm{Cd^{2+}(aq)/Cd(s)}$

On s’intéresse à la phase de décharge de l’accumulateur. Au cours de cette phase, il fonctionne comme une pile.

1. Compléter le diagramme de conversion d’énergie présent dans le **document réponse DR2 page agrandie 22/22 à rendre avec la copie**.

L’équation de réaction modélisant le fonctionnement de la pile Ni-Cd s’écrit :

$$\mathrm{Cd(s) + Ni^{2+}(aq) \rightarrow Cd^{2+}(aq) + Ni\,(s)}$$

2. Identifier la formule de l’espèce chimique ayant subi une oxydation en indiquant l’évolution de son nombre d’oxydation.

3. Écrire les équations des demi-réactions se produisant à chaque électrode de la pile.

4. Sur le schéma de principe d'une pile Ni-Cd du **document réponse DR3 page agrandie 22/22 à rendre avec la copie**, indiquer clairement :

- la polarité de chaque lame de métal (borne **+** et borne **–**) et justifier ;
- le sens du courant I ;
- le sens de déplacement des électrons e^-.

5. Déterminer, en moles, la quantité d'électrons ayant circulé dans le circuit lors de la décharge complète de la pile.

6. À l'aide des questions 3 et 5, déterminer la masse minimale de Cadmium que doit contenir la pile lorsqu'elle est chargée.

On s'intéresse maintenant au fonctionnement de la lampe de signalisation. Les informations ci-dessous sont extraites de la notice technique de cette lampe.

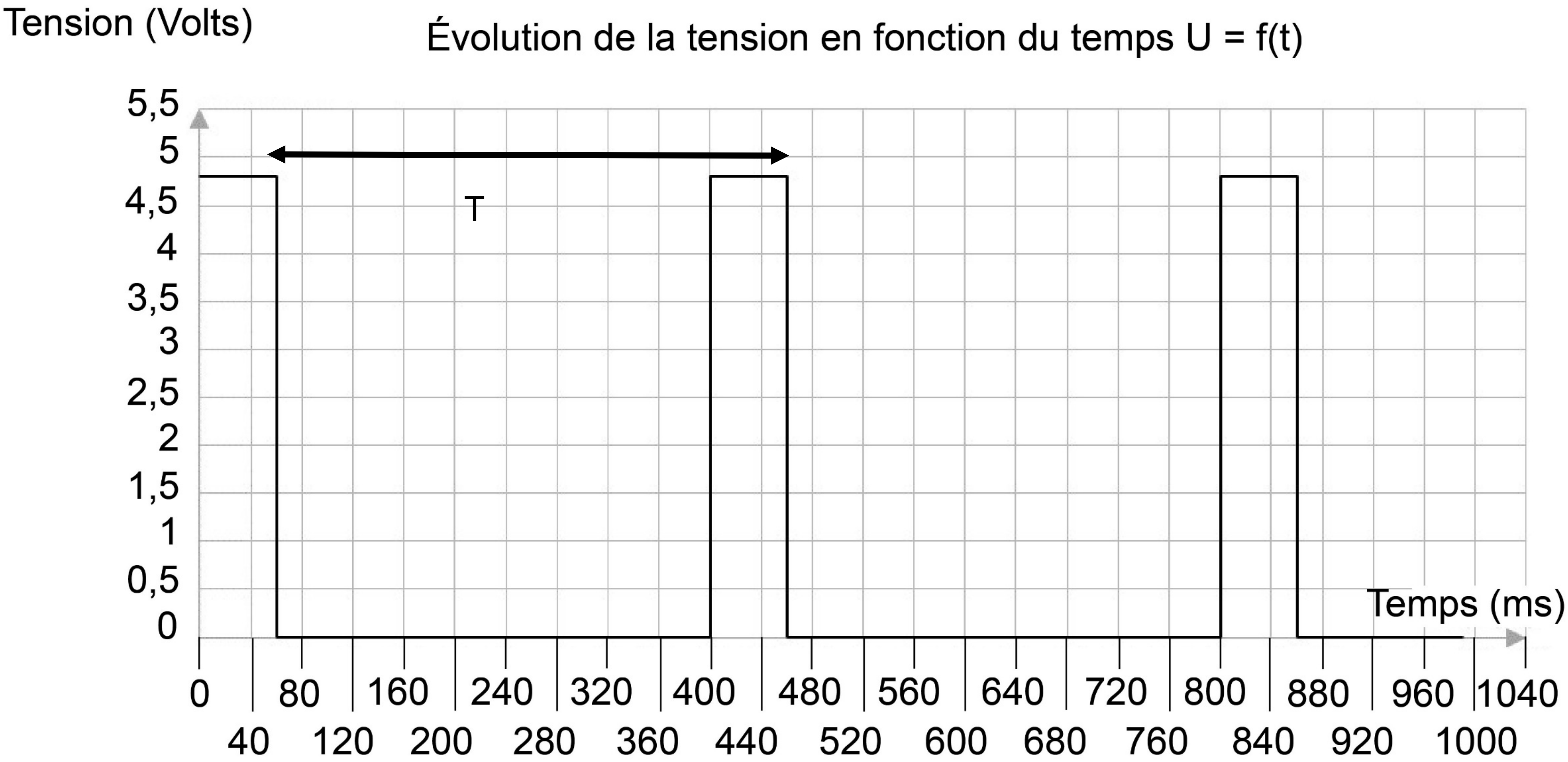
- Autonomie : 200 à 1300 minutes.
- Puissance : $1{,}0\ \mathrm{W}$
- Tension d'alimentation : $4{,}8\ \mathrm{V}$

- 3 modes d'éclairage (**Mode 1** : continu ; **Mode 2** : flashs longs ; **Mode 3** : flashs rapides)
- Éclairage LED

7. Sachant que la valeur de l'énergie qui peut être stockée par l'accumulateur est égale à $12\ \mathrm{kJ}$, déterminer la durée maximale Δt d'utilisation de la lampe en mode continu.

8. Comparer la durée Δt à la valeur annoncée par le constructeur et conclure.

Le graphique page suivante représente l'évolution de la tension d'alimentation de la lampe au cours du temps pour le mode flashs rapides. Cette lampe est allumée lorsque la tension à ses bornes est non nulle.

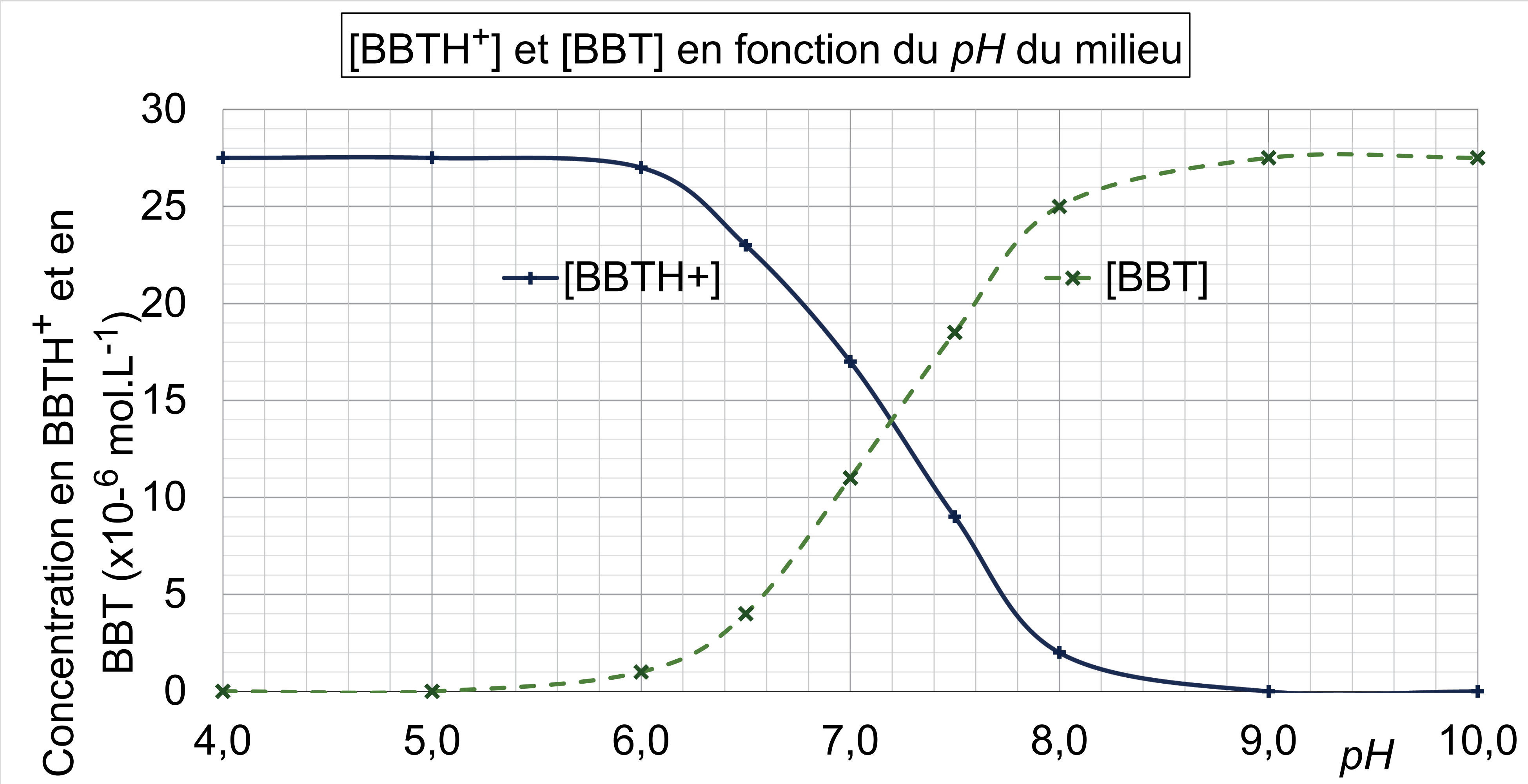


9. Montrer que, sur une durée égale à une période T, la lampe est allumée $15~\%$ du temps.

10. Montrer alors, qu'en mode flashs rapides, l'autonomie d'éclairage peut atteindre $1300~\text{min}$.

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

DR1 – Exercice 2 : diagramme de distribution du couple $\mathrm{BBTH^+/BBT}$



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.)

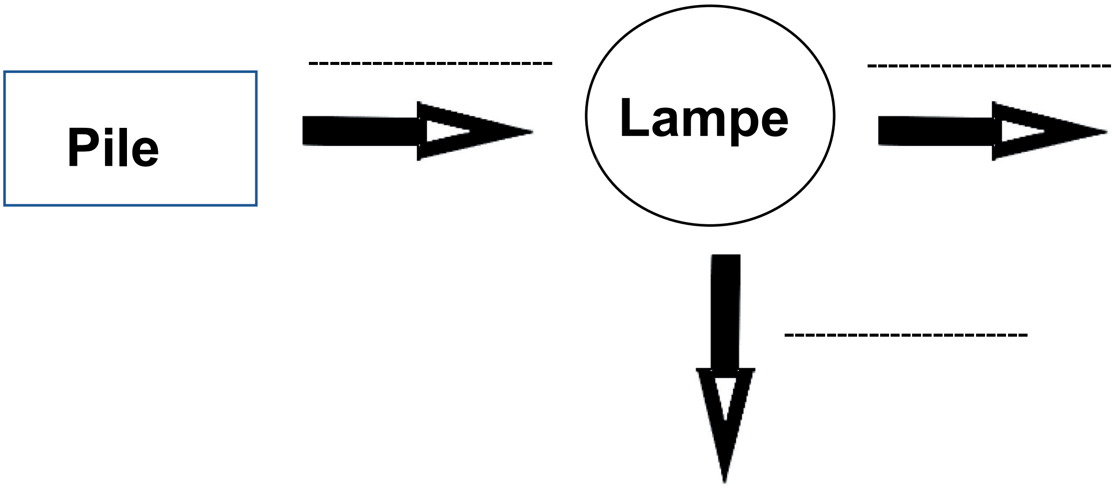
Liberté · Égalité · Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

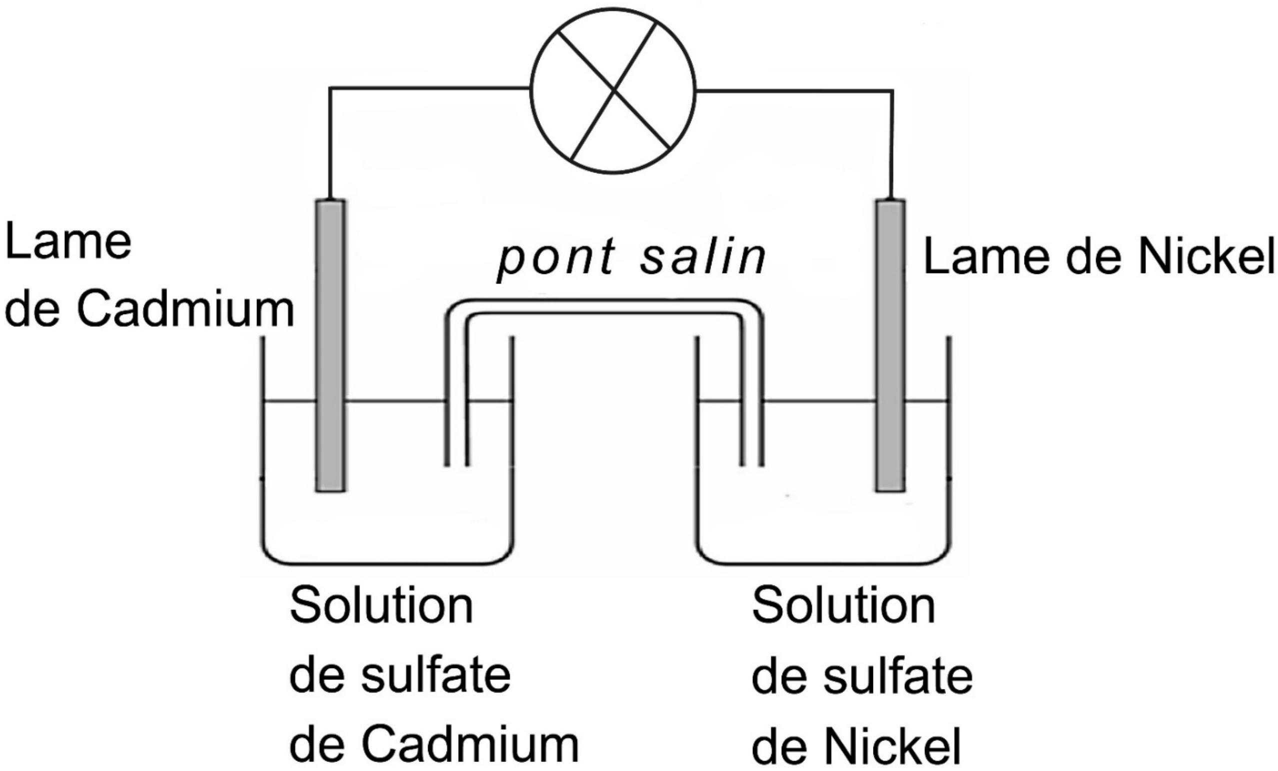
1.2

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

DR2 – Exercice 4 : diagramme de conversion d’énergie



DR3 – Exercice 4 : schéma de principe de la pile



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