

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

## ÉVALUATION

**CLASSE** : Première

**VOIE** :  Générale  Technologique  Toutes voies (LV)

**ENSEIGNEMENT** : physique-chimie

**DURÉE DE L'ÉPREUVE** : 2 h

**CALCULATRICE AUTORISÉE** :  Oui  Non

Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

**Nombre total de pages** : 7

### PARTIE A

#### Ballon-sonde (10 points)

Le 17 mars 1898, le premier ballon-sonde météorologique français était lancé depuis l'observatoire de Trappes, en région parisienne. Il emportait, dans un panier d'osier, un « météorographe », destiné à enregistrer la pression et la température en altitude. Aujourd'hui, les ballons-sondes sont toujours utilisés (**figure 1**). Ces radiosondages fournissent des informations sur l'état des premières couches de l'atmosphère (troposphère et stratosphère).

*D'après : meteofrance.com 16/03/2018*



Figure 1 : lâcher de ballon automatique  
© Météo-France, Pascal Taburet

Dans le cadre d'un atelier scientifique, des lycéens ont conçu un ballon-sonde constitué :

- d'une enveloppe fermée remplie d'hélium ;
- d'une nacelle contenant des appareils de mesure et un parachute.

Lors du lâcher, le ballon-sonde communique avec une station au sol. Des mesures de pression, température, position sont récoltées au cours de l'ascension.



L'objectif de cet exercice est de justifier le choix de valeur de la fréquence de télécommunication et de confronter certaines mesures réalisées à des modèles physiques.

**Données :**

- la valeur de la célérité  $c$  des ondes électromagnétiques dans le vide ou dans l'air est supposée connue des candidats
- masse(enveloppe) =  $3,2 \times 10^2$  g ;
- masse(nacelle) = 3,6 kg ;
- masse(hélium) =  $7,0 \times 10^2$  g ;
- intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$  ;
- pression atmosphérique au niveau du sol :  $P_0 = 1,0 \times 10^3$  hPa ;
- volume initial du ballon :  $V_0 = 4,0 \text{ m}^3$  ;
- volume du ballon juste avant éclatement :  $V_{max} = 51 \text{ m}^3$ .

**1. Choix technique pour la télécommunication**

Pour éviter les interférences avec d'autres systèmes, les lycéens doivent respecter les normes en vigueur. Leur ballon-sonde doit émettre des ondes électromagnétiques dans le domaine radioélectrique UHF (Ultra Hautes Fréquences), que l'union internationale des télécommunications a attribué au service de la météorologie. Les lycéens ont choisi de régler la valeur de la fréquence d'émission de leur ballon-sonde à  $f = 403,2$  MHz.

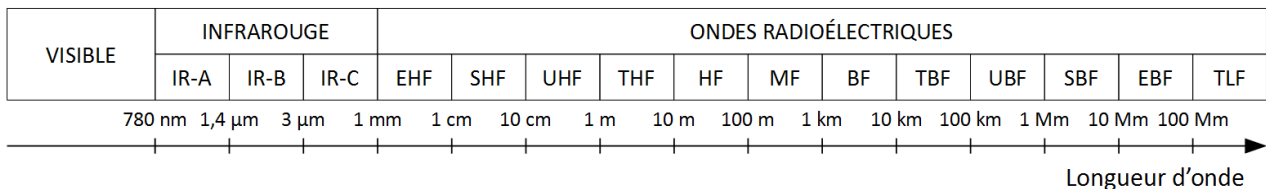


Figure 2 : différents domaines du spectre des ondes électromagnétiques

- 1.1. Citer un autre type d'ondes que les ondes électromagnétiques. En donner un exemple.
- 1.2. Exprimer la relation entre célérité  $c$ , longueur d'onde  $\lambda$  et fréquence  $f$ .
- 1.3. Déterminer la valeur de la longueur d'onde des ondes émises par le ballon-sonde. Commenter le choix effectué par les lycéens par rapport aux normes de télécommunication.

**2. Décollage du ballon-sonde**

On considère le ballon juste après le décollage, étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen. On néglige les frottements exercés par l'air.

Le système {ballon + nacelle + hélium} est soumis à deux forces :

- son poids, noté  $\vec{P}$  ;
- la poussée d'Archimède, notée  $\vec{F}$ , verticale, dirigée vers le haut telle que sa norme  $F = 50$  N.



- 2.1. Calculer la valeur de la masse  $m$  totale du système étudié.
- 2.2. Calculer la valeur du poids du système {ballon + nacelle + hélium}.
- 2.3. Représenter les forces exercées sur le système {ballon + nacelle + hélium} modélisé par un point matériel noté  $S$  (échelle :  $10 \text{ N} \leftrightarrow 1 \text{ cm}$ ).
- 2.4. En déduire le vecteur représentant la somme des forces appliquées sur le système et donner les caractéristiques de ce vecteur (direction, sens, norme). Le ballon possède une trajectoire verticale ascendante. Les lycéens ont calculé la vitesse du ballon-sonde à partir des mesures de positions. La vitesse est  $V_1 = 1,1 \text{ m.s}^{-1}$  à  $t_1 = 1,0 \text{ s}$  et  $V_3 = 3,2 \text{ m.s}^{-1}$  à  $t_3 = 3,0 \text{ s}$ .
- 2.5. Calculer la variation de la valeur de la vitesse entre les instants  $t_1$  et  $t_3$ .
- 2.6. Montrer que cette variation est cohérente avec les caractéristiques de la somme des forces appliquées sur le système.

### 3. Éclatement

Dans cette partie, on considère que l'enveloppe du ballon-sonde est parfaitement souple et extensible de sorte que la pression de l'hélium à l'intérieur est constamment égale à la pression atmosphérique.

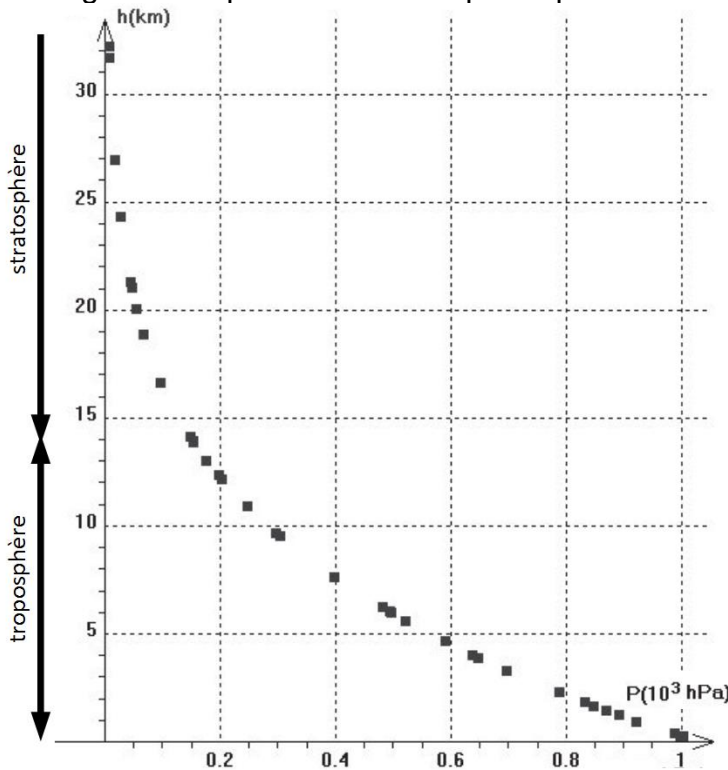


Figure 3 : Relevé de pression dans la troposphère et la stratosphère pour différentes altitudes  $h$ . (D'après : Concours Centrale-Supélec, TSI, 2008.)

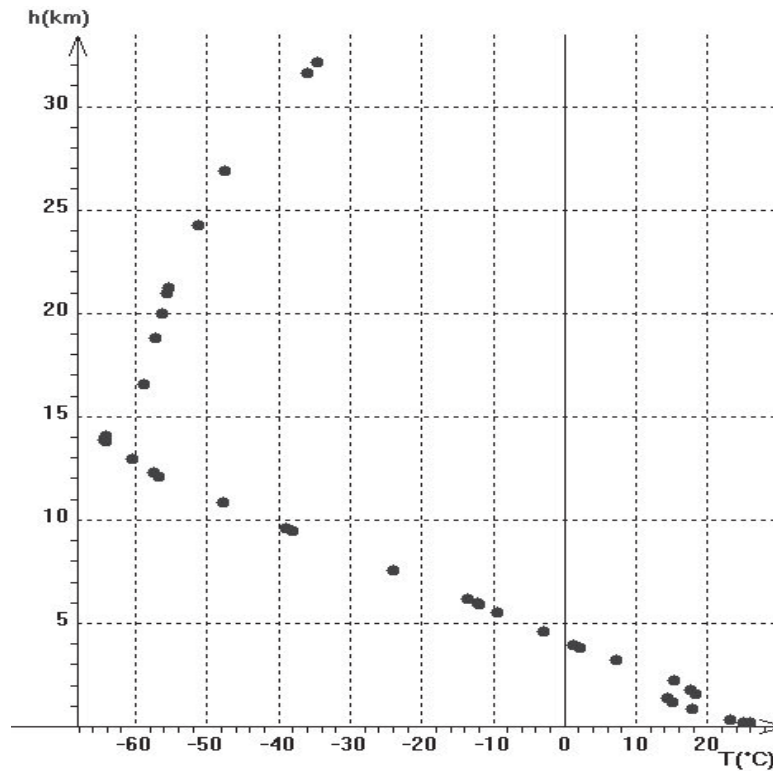


Figure 4 : Relevé de température dans la troposphère et la stratosphère pour différentes altitudes  $h$ . (D'après : Concours Centrale-Supélec, TSI, 2008.)

- 3.1. À l'aide de la **figure 3**, expliquer comment varie la pression dans le ballon sonde lorsque l'altitude augmente.
- 3.2. Énoncer la loi de Mariotte relative au produit de la pression  $P$  par le volume  $V$  d'un gaz pour une quantité de matière donnée et une température constante.
- 3.3. À l'aide de la loi de Mariotte, indiquer comment varie qualitativement le volume du ballon au cours de son ascension. Déterminer ensuite l'altitude maximale atteinte par le ballon au moment de l'éclatement.
- 3.4. En réalité le ballon a atteint une altitude de 31 km, elle est supérieure à celle prévue dans la question précédente. Proposer une explication.

## PARTIE B

### Recyclage d'une solution de bouillie bordelaise (10 points)

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

 Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1



La bouillie bordelaise peut être utilisée par les jardiniers pour traiter le potager ou les arbres fruitiers contre certaines maladies. Dans le commerce, elle est vendue sous la forme d'une poudre à dissoudre dans de l'eau. Cette poudre est constituée de sulfate de cuivre hydraté  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$  et d'hydroxyde de calcium  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$ .

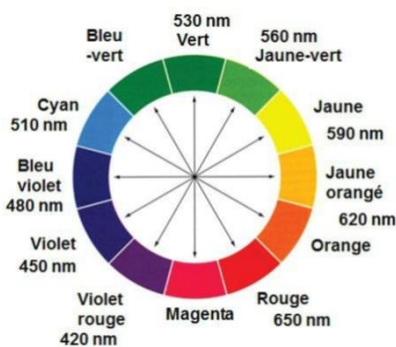
On obtient, par dissolution de cette poudre dans l'eau, une solution contenant des ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}$  à pulvériser sur les végétaux.

Comme tout produit de traitement, cette solution doit être utilisée en respectant des concentrations précises. En effet au-delà d'un certain seuil, le cuivre est toxique pour l'Homme et l'environnement.

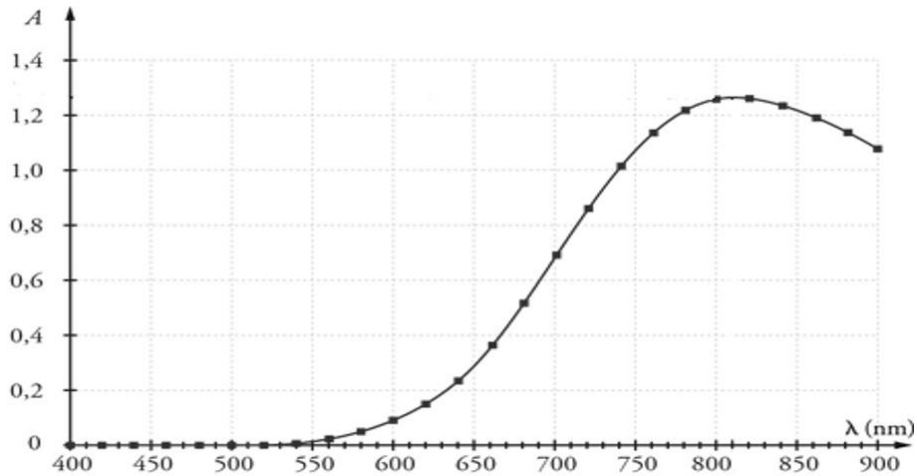
Le but de l'exercice est de déterminer si la solution de bouillie bordelaise notée S, fabriquée en trop grande quantité par un jardinier amateur, peut être jetée à l'évier ou doit être traitée ou recyclée

#### Données :

- Concentration en masse limite d'ions  $\text{Cu}^{2+}$  pour les rejets dans les eaux usées :  $C_m = 0,5$  mg par litre d'eau déversée
- Masse molaire atomique du cuivre :  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse molaire de l'hydroxyde de sodium :  $M(\text{NaOH}) = 40,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Cercle chromatique :



- Spectre d'absorbance d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre ( $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ ) :



- L'espèce ionique  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  est responsable de la couleur de la solution aqueuse.

1. Déterminer la couleur de l'espèce ionique  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  en solution aqueuse. Justifier.

On souhaite déterminer la concentration en quantité de matière d'ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  de la solution de bouillie bordelaise S, par un dosage spectrophotométrique. On réalise pour cela une gamme étalon et des mesures d'absorbance à la longueur d'onde 810 nm.

2. Expliquer en quelques lignes le principe de cette méthode de dosage.

On dispose d'une solution mère de sulfate de cuivre  $S_0$  de concentration en quantité de matière d'ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  égale à  $C_0 = 0,040 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . À partir de cette solution  $S_0$  on prépare différentes solutions  $S_i$ . Le volume de chaque solution fille obtenue est égal à  $V_F = 10,0 \text{ mL}$ .

3. Recopier et compléter le tableau ci-dessous en explicitant le calcul pour la solution  $S_2$ .

Solution fille $S_i$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$
Concentration en quantité de matière $C_i (\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	0,020	0,016	0,012	0,008	0,004
Volume $V_0$ de solution $S_0$ à prélever (mL)					

On mesure l'absorbance  $A$  des différentes solutions préparées et on trace le graphique suivant :

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :

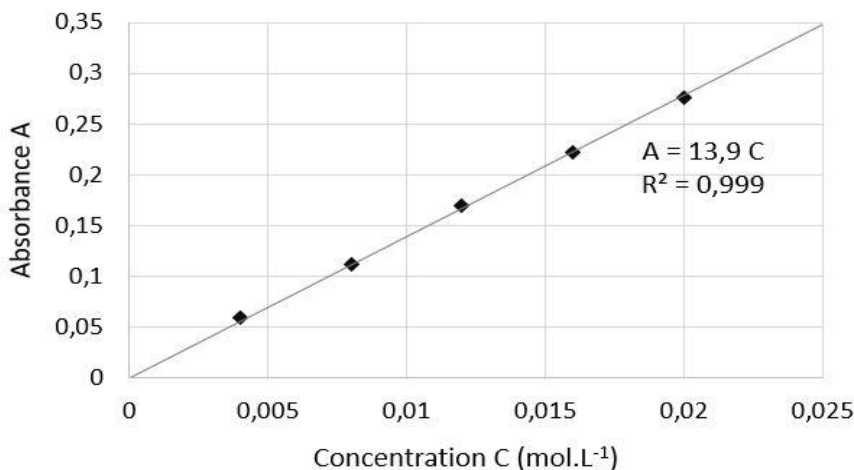


Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

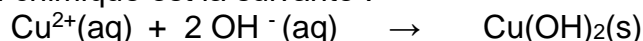


4. Après avoir rappelé l'expression de la loi de Beer-Lambert en indiquant le nom des grandeurs et les unités associées, déterminer si les résultats expérimentaux obtenus sont en accord avec cette loi.

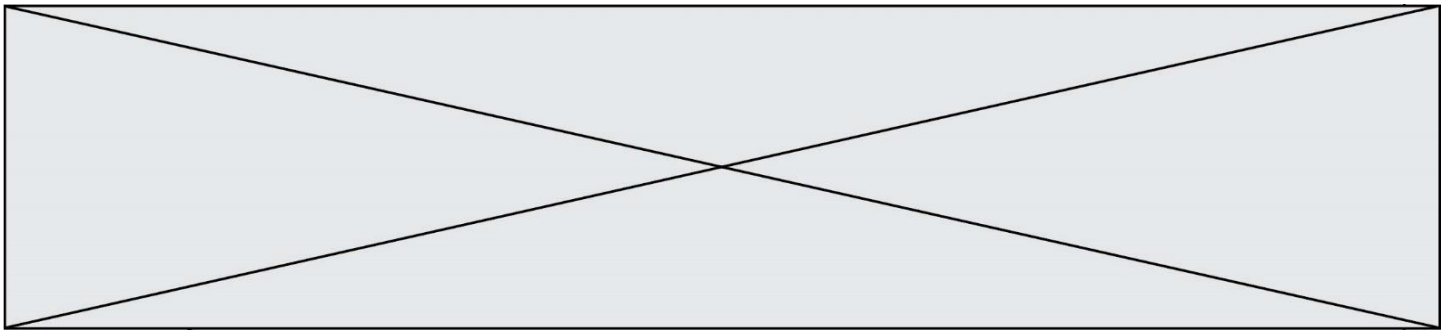
Afin de déterminer la concentration de la bouillie bordelaise préparée par le jardinier, on dilue 20 fois la solution S avant de l'analyser avec le spectrophotomètre. On mesure une absorbance  $A' = 0,120$  pour la solution diluée S'.

5. Détailler le protocole expérimental de préparation des 100 mL de la solution S'. La verrerie mise à disposition est :
- fiole jaugée : 100 mL et 200 mL
  - pipettes jaugées : 5 mL, 10 mL, 50 mL et 100 mL
  - béchers : 50 mL et 100 mL
  - éprouvettes graduées : 10 mL, 50 mL et 100 mL
  - pissette d'eau distillée
  - pipette en plastique souple
6. Déterminer si le jardinier peut rejeter son excédent de solution S à l'évier ou s'il doit le faire recycler.

La toxicité de la bouillie bordelaise est liée à la présence des ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}$ . Un traitement pour éliminer ces ions consiste à ajouter des pastilles d'hydroxyde de sodium  $\text{NaOH}$ (s. La transformation est modélisée par la réaction des ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}$  présents dans la bouillie bordelaise et des ions hydroxyde  $\text{OH}^-$  apportés par les pastilles d'hydroxyde de sodium) pour former un précipité d'hydroxyde de cuivre  $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$  qui est récupéré par filtration puis traité. L'équation de la réaction chimique est la suivante :



On souhaite traiter 500 mL d'une solution dont la concentration en quantité de matière d'ions  $\text{Cu}^{2+}$  est égale à  $C_T = 0,22 \text{ mol.L}^{-1}$ .



7. Déterminer la masse  $m$  d'hydroxyde de sodium  $\text{NaOH(s)}$  à ajouter à cette solution pour éliminer totalement les ions cuivre sans pour autant que les ions hydroxyde ne soient en excès.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.*