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 2021

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Sciences physiques et chimiques en laboratoire

Mardi 8 juin 2021

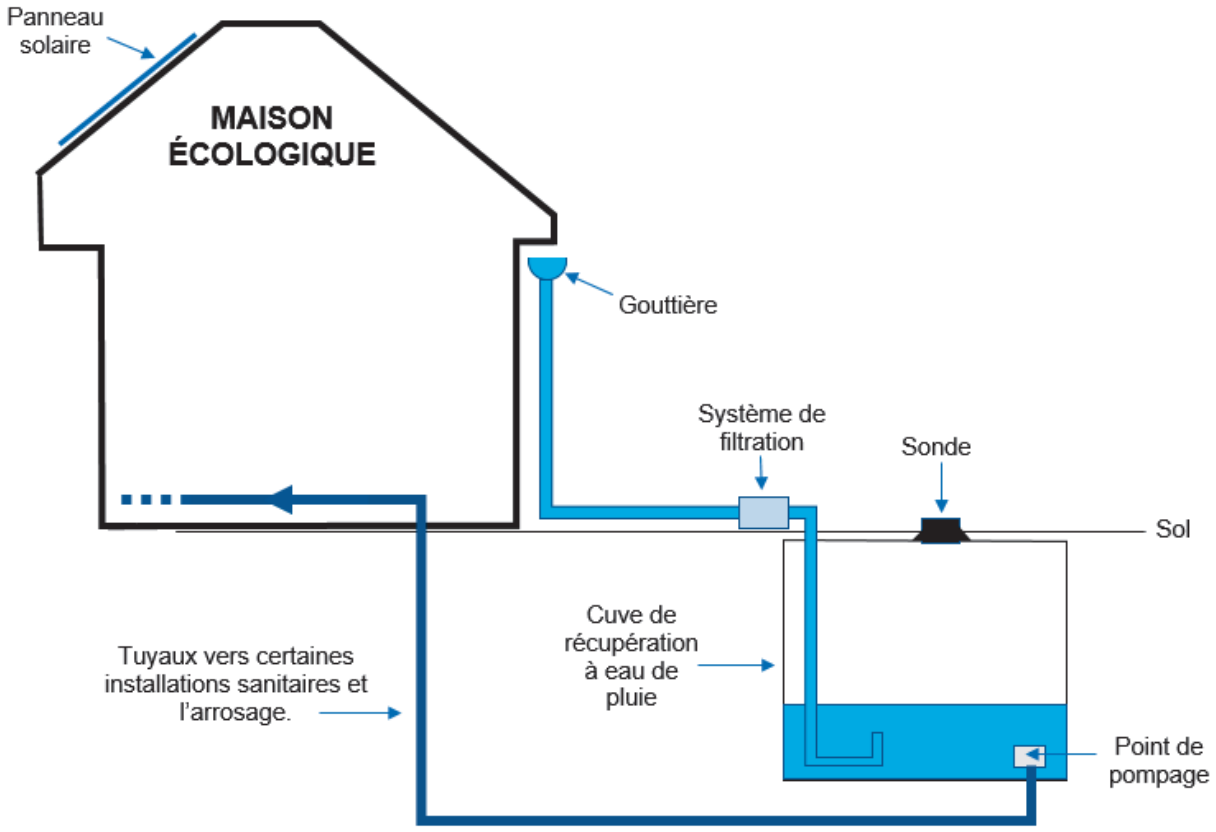
Durée de l'épreuve : **3 heures**

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 document vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce document comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.
La page 13/13 est à rendre avec la copie.

Le candidat traite <u>3 parties</u> : la partie 1 puis il choisit 2 parties parmi les 3 proposées.

La maison écologique



La récupération de l'eau de pluie, l'analyse de l'eau du robinet et l'installation d'un chauffe-eau solaire sont liées aux problématiques écologiques et seront donc étudiées dans ce sujet.

Le candidat devra traiter obligatoirement la PARTIE 1 et choisira de composer deux parties parmi les PARTIES A, B et C.

Les quatre parties sont indépendantes.

PARTIE	Titre	Partie du programme abordée	Barème
Partie 1 commune à tous les candidats	**Étude du volume d'eau de pluie dans la cuve**	• Ondes mécaniques • Mesures et incertitudes	**8 points**
Partie A	**Étude de l'acidité de l'eau de pluie récupérée dans la cuve**	• Acides et bases	**6 points**
Partie B	**Analyse des ions chlorure dans l'eau du robinet**	• Titrage avec un indicateur coloré	**6 points**
Partie C	**Étude du fluide caloporteur dans le chauffe-eau solaire**	• Puissances thermiques • Synthèse chimique	**6 points**

PARTIE 1 commune à tous les candidats (8 points)
Étude du volume d'eau de pluie dans la cuve.

Le **document 1** est une carte des précipitations annuelles de 2019 et le **document 2** présente la relation permettant de calculer le volume maximal d'eau de pluie récupérable $\mathbf{V_{max}}$ d'une toiture suivant la région. La maison écologique étudiée se situe à Auxerre.

Document 1 : précipitations annuelles 2019.



Les valeurs indiquées correspondent aux précipitations annuelles p en millimètres.

Source : d'après météofrance.fr

Document 2 : détermination du volume maximal d'eau de pluie.

$$\mathrm{V_{max}} = \mathrm{p} \times \mathrm{S_{toit}} \times \mathrm{K_T} \times \mathrm{K_F}$$

- $\mathrm{V_{max}}$: volume maximal récupérable d'eau de pluie par an en mètre cube $(\mathrm{m^3})$
- p : précipitation annuelle en mètre (m)
- $\mathrm{S_{toit}}$: surface du toit en mètre carré $(\mathrm{m^2})$
- $\mathrm{K_T}$: coefficient de restitution (sans unité)
  - toit en tuiles ou ardoises en pente : $\mathrm{K_T} = 0{,}90$
  - toit ondulé en pente : $\mathrm{K_T} = 0{,}80$
  - toit plat ou toit terrasse : $\mathrm{K_T} = 0{,}60$
- $\mathrm{K_F}$: coefficient de rendement hydraulique du système de filtration (sans unité)

  $\mathrm{K_F} = 0{,}90$ pour un système bien entretenu

Source : d'après ecologie.gouv.fr

1.1. Calculer le volume maximal $\mathbf{V_{max}}$ d'eau de pluie récupérable par an pour un toit ondulé en pente bien entretenu de surface $\mathbf{S_{toit} = 50\ m^2}$ à Auxerre.

1.2. Calculer combien de fois la cuve pourra être remplie par an.

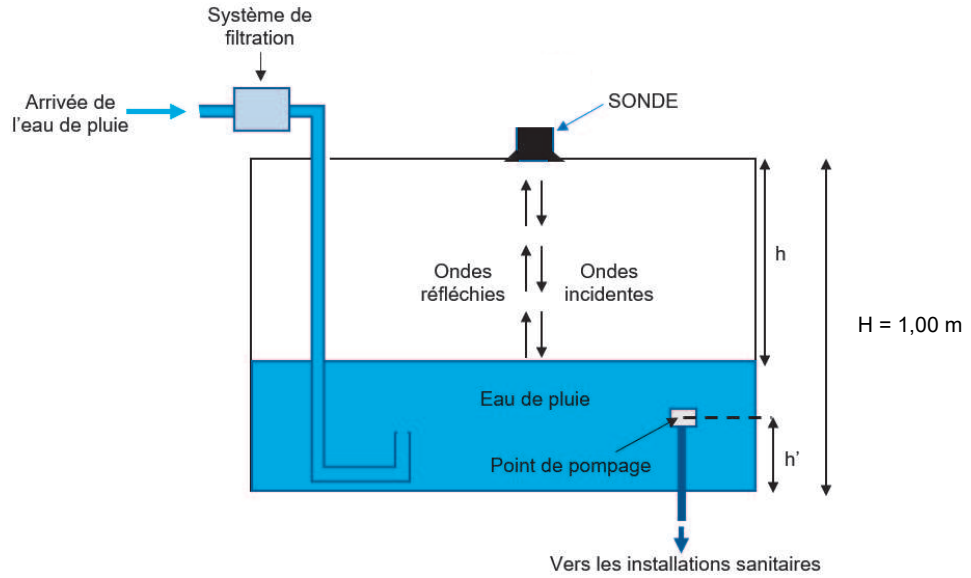
Données

Hauteur de la cuve : $\mathrm{H} = 1{,}00\ \mathrm{m}$

Surface de la base de la cuve : $\mathrm{S_{cuve}} = 5{,}00\ \mathrm{m^2}$

Pour vérifier le volume d'eau contenu dans la cuve de récupération, celle-ci est équipée d'un capteur présenté dans les **documents 3** et **4**.

Document 3 : schéma de la cuve à récupération d'eau de pluie.



Document 4 : présentation d'une sonde commerciale.

La sonde commerciale étudiée utilise des ondes sonores pour déterminer le niveau de liquide dans une cuve ou un bassin.

Cette sonde est un transducteur piézoélectrique fonctionnant successivement en émetteur et en récepteur.
La sonde émet vers le liquide de courtes salves de durée τ = 0,50 ms.
Les salves sont constituées d'impulsions de fréquence 40 kHz. Elles sont réfléchies par la surface du liquide et reçues par la sonde.



Prix : environ 1 000 euros

Caractéristiques techniques

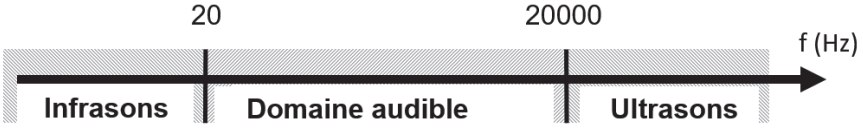
- Plage de mesures dans les liquides jusqu'à 15 m
- Incertitude-type du constructeur sur la mesure de la hauteur h : $u(h) = 10\ mm$
- Grande robustesse, bonne étanchéité
- Grande résistance aux vibrations
- Connectivité Bluetooth avec application

Source : d'après le site du constructeur

1.3. D'après le **document 4**, indiquer si les ondes utilisées par le capteur sont des ondes électromagnétiques ou des ondes mécaniques. Justifier la réponse.

1.4. À l'aide du **document 5**, indiquer à quel domaine ces ondes appartiennent.

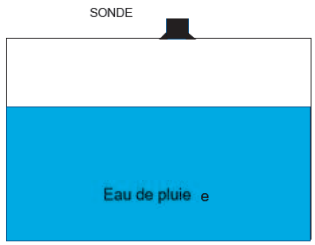
Document 5 : domaines associés aux fréquences des ondes sonores.



La sonde permet d'obtenir des mesures de hauteur. Les oscillogrammes présentés ci-dessous en sont une illustration.

1.5. Associer à chaque **situation A et B** présentée ci-dessous **l'oscillogramme 1 ou 2** qui lui correspond. Expliquer votre démarche.

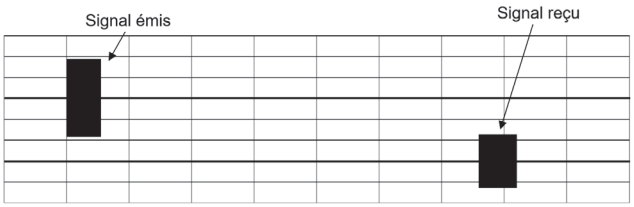
Situation A :



Situation B :

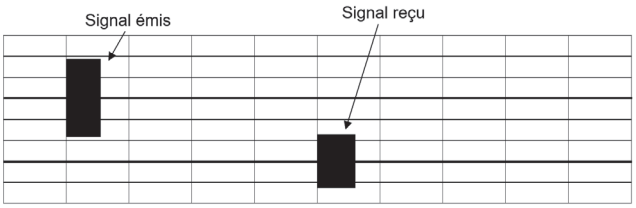


Oscillogramme 1



Sensibilité horizontale : 1 DIV ↔ 1,00 ms

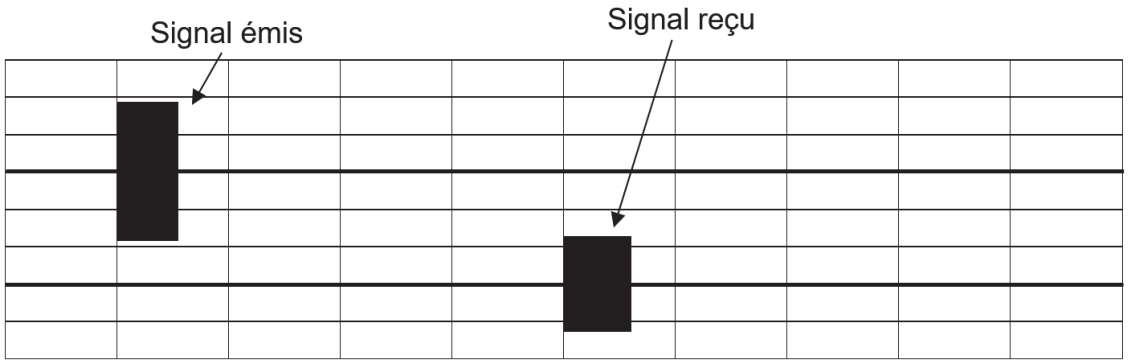
Oscillogramme 2



Sensibilité horizontale : 1 DIV ↔ 1,00 ms

1.6. À l'aide du **document 6**, déterminer la durée Δt entre l'émission et la réception du signal pour la cuve étudiée.

Document 6 : oscillogramme permettant la mesure de la durée Δt.



Sensibilité horizontale : 1 DIV ↔ 1,00 ms

1.7. À l'aide du **document 3**, vérifier alors que la hauteur h mesurée entre le capteur et la surface de l'eau vaut 68,0 cm.

Donnée

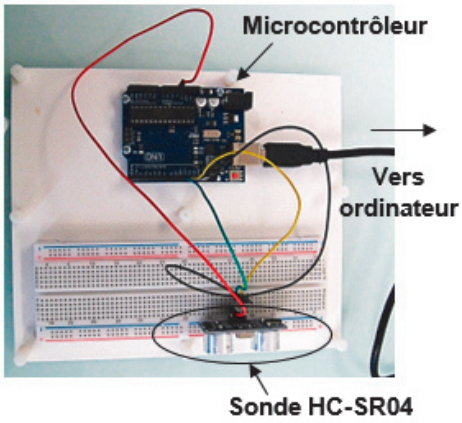
Célérité du son dans l'air à 25 °C : $c = 340\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

Un point de pompage, dans la cuve, permet d'envoyer l'eau de pluie récupérée dans les installations sanitaires. Ce point de pompage est situé à une hauteur h' = 25,0 cm du fond de la cuve (**document 3**).

1.8. Vérifier alors si le niveau de l'eau de pluie récupérée est suffisant pour le système de pompage.

Une autre sonde est testée en laboratoire dans des conditions expérimentales similaires à l'utilisation de la sonde commerciale dans la cuve. La sonde testée est une sonde HC-SR04 pilotée par un microcontrôleur relié à un ordinateur.
L'expérimentation réalisée permet de déterminer la précision de cette nouvelle sonde.

Document 7 : présentation du dispositif sonde HC-SR04 piloté par un microcontrôleur relié à un ordinateur.



Prix du dispositif (sans ordinateur) : environ 50 euros

Programme du microcontrôleur :

```
1   int trig = 11;                  // émetteur sur la PIN 11
2   int echo = 12;                  // récepteur sur la PIN 12
3   float h;                        // placer l'objet à la distance h, en cm
4   float v =340;                   // vitesse du son dans l'air, en m/s
5   float t;                        // durée entre l'émission et la réception, en microsecondes
6   void setup() {
7     pinMode(emetteur,OUTPUT);
8     pinMode(recepteur,INPUT);
9     Serial.begin(9600);
10    digitalWrite(emetteur,LOW);
11  }
12  void loop() {
13    digitalWrite(emetteur,HIGH);  // émettre des ultrasons
14    delayMicroseconds(2);         // émission d'un pulse ultrason pendant 2 microsecondes
15    digitalWrite(emetteur,LOW);   // arrêter d'émettre
16    t=pulseIn(recepteur,HIGH);
17    h=v*t/2/10000 ;               // calcul de h avec prise en compte des conversions
18    Serial.println(h,1);          // afficher h sur le moniteur série avec un chiffre après la virgule
19    Serial.print("h (en cm)= ");  // écrire h (en cm) sur l'ordinateur
20    delay(1000);
21  }
```

1.9. Justifier la relation de la ligne 17 du programme du microcontrôleur présenté dans le **document 7**.

Les résultats des mesures de la hauteur h par la sonde HC-SR04 sont présentées dans le tableau ci-dessous :

n° de la mesure	1	2	3	4	5	6	7	8
h (cm)	68,0	65,5	68,0	68,0	67,9	67,9	68,0	68,0

n° de la mesure	9	10	11	12	13	14	15
h (cm)	68,0	67,9	67,8	68,0	67,9	67,9	68,0

Document 8 : détermination de l'incertitude-type sur la mesure de la hauteur h.

$$u(h) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

$u(h)$: incertitude-type sur la mesure de la hauteur h
σ_{n-1} : écart type expérimental
n : nombre de mesures effectuées

1.10. Calculer l'incertitude-type $\mathbf{u(h)}$ sur la mesure de la hauteur h avec un écart type expérimental $\boldsymbol{\sigma_{n-1}}$ de 0,64 cm.

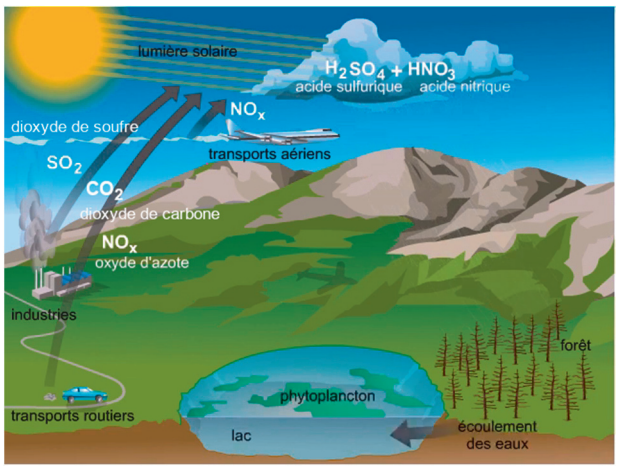
1.11. Proposer au minimum 2 avantages et 2 inconvénients de chaque sonde dans le cadre d'une utilisation dans une cuve de récupération.

PARTIES au choix du candidat (12 points)

Vous indiquerez sur votre copie **les 2 parties choisies** : A ou B ou C

PARTIE A : étude de l'acidité de l'eau de pluie récupérée dans la cuve. (6 points)

D'après le site Larousse.fr, l'eau de pluie est naturellement acide car le dioxyde de carbone présent dans l'air réagit avec les gouttes d'eau des nuages pour former de l'acide carbonique. Cette légère acidité permet de dissoudre certains sels minéraux présents dans le sol et nécessaires à la croissance des végétaux. La production de dioxyde de carbone, de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote par l'Homme est responsable d'une augmentation de l'acidité des eaux de pluie qui peut être néfaste pour la faune, la flore et les bâtiments.



Parmi les différentes espèces chimiques intervenant dans l'acidité de l'eau de pluie, on ne s'intéresse dans la suite qu'au dioxyde de carbone.
Deux couples acides/bases sont alors mis en jeu : $CO_2, H_2O(aq)/HCO_3^-(aq)$ et $HCO_3^-(aq)/CO_3^{2-}(aq)$.

A.1. Citer un moyen d'estimer le pH d'une solution.

A.2. Justifier que le dioxyde de carbone dissout $CO_2, H_2O(aq)$ est un acide au sens de Brönsted.

A.3. Établir le diagramme de prédominance mettant en jeu les deux couples acide/base : $CO_2, H_2O(aq)/ HCO_3^-(aq)$ et $HCO_3^-(aq)/CO_3^{2-}(aq)$.
Données : les deux constantes d'acidité des couples acide/base à 25 °C.
$CO_2, H_2O(aq)/HCO_3^-(aq)$: $K_{a_1} = 4{,}3 \times 10^{-7}$
$HCO_3^-(aq)/CO_3^{2-}(aq)$: $K_{a_2} = 5{,}0 \times 10^{-11}$

A.4. La valeur du pH de l'eau de pluie récupérée dans la cuve est de 4,8 à 25° C. Déterminer alors l'espèce chimique prédominante dans cette eau de pluie.

A.5. Établir l'équation de la réaction du dioxyde de carbone dissout $CO_2, H_2O(aq)$ avec l'eau.

A.6. En déduire l'expression littérale de la constante d'acidité K_{a_1} liée à la réaction du dioxyde de carbone dissout $CO_2, H_2O(aq)$ avec l'eau.

D'après un rapport d'office parlementaire du sénat sur la qualité de l'eau, une eau de pluie est considérée comme très acide dans le cas où $\frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2,H_2O]_{eq}} < 0{,}040$.

A.7. Calculer le quotient $\frac{[HCO_3^-]_{eq}}{[CO_2,H_2O]_{eq}}$ pour l'eau de pluie récupérée et conclure sur son caractère très acide.

PARTIE B : analyse des ions chlorure dans l'eau du robinet. (6 points)

Dans une maison, les canalisations peuvent subir une corrosion en présence d'une forte concentration d'ions chlorure. Cette partie traite du dosage par titrage colorimétrique effectué en laboratoire afin de déterminer la concentration en ions chlorure dans l'eau de robinet.

Document 9 : présentation du dosage par titrage des ions chlorure

Mode opératoire utilisé au laboratoire pour l'analyse des ions chlorure dans un échantillon d'eau du robinet

- Introduire dans un bécher un volume $V = 50{,}00\ \text{mL}$ d'eau du robinet (ramené à pH = 7).
- Ajouter 3 gouttes d'une solution jaune de chromate de potassium à 10 %.
- Ajouter petit à petit une solution de nitrate d'argent au moyen d'une burette graduée.
- Stopper l'ajout de la solution de nitrate d'argent dès l'apparition d'un précipité de teinte orangée.

Données

Équation de la réaction support du titrage	$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$
Couleur du précipité de chlorure d'argent $AgCl(s)$	Blanc
Équation de précipitation du chromate d'argent $Ag_2CrO_4(s)$	$2Ag^+(aq) + CrO_4^{2-}(aq) \rightarrow Ag_2CrO_4(s)$
Couleur du précipité de chromate d'argent	Rouge
Concentration en quantité de matière de l'ion argent dans la solution de nitrate d'argent	$[Ag^+] = 2{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$
Masse molaire du chlore	$M_{Cl} = 35{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Volume versé à l'équivalence	$V_e = 4{,}6\ \text{mL}$

Les ions argent précipitent préférentiellement avec les ions chlorure plutôt qu'avec les ions chromate.

Pictogrammes de danger du chromate de potassium



B.1. Dans le cadre du mode opératoire présenté dans le **document 9**, donner le nom de la verrerie à utiliser pour prélever les $50{,}00\ \text{mL}$ d'eau de pluie à tester.

B.2. Schématiser le dispositif expérimental de ce dosage par titrage. Légender le matériel et les espèces chimiques engagées.

B.3. Expliquer le rôle de la solution de chromate de potassium.

D'après l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) la norme concernant la concentration en masse des ions chlorure dans l'eau du robinet provenant du réseau d'eau de la ville ne doit pas excéder en moyenne $250\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

B.4. Vérifier que la concentration en quantité de matière des ions chlorure $[Cl^-]$ dans l'eau du robinet respecte cette norme.

B.5. À l'aide du **document 9**, exposer deux risques liés à la mise en œuvre de ce mode opératoire et proposer deux moyens de manipuler en sécurité.

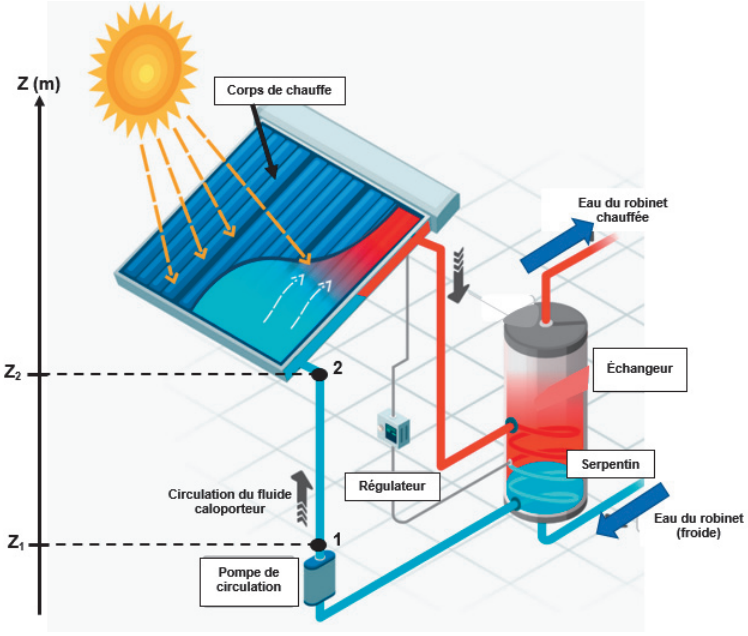
<u>PARTIE C</u> : étude du fluide caloporteur dans le chauffe-eau solaire. (6 points)

Un chauffe-eau solaire est installé pour permettre de chauffer l'eau du robinet dans la cuve afin de couvrir une partie des besoins en eau chaude sanitaire dans la maison.

Document 10 : principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire.

Le chauffe-eau solaire est constitué d'un échangeur dans lequel l'eau du robinet est chauffée au contact de serpentins remplis d'un fluide caloporteur chaud.

Le fluide caloporteur est mis en mouvement grâce à une pompe de circulation, de l'échangeur jusqu'au corps de chauffe situé sur le toit de la maison, pour y être chauffé. De l'énergie provenant du Soleil est absorbée par ce corps de chauffe qui la transfère au fluide caloporteur.

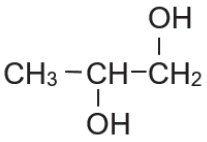


Source : d'après panneausolaire.com

C.1. Étude du propylène glycol.

L'un des constituants du fluide caloporteur utilisé dans le chauffe-eau solaire est le propylène glycol.

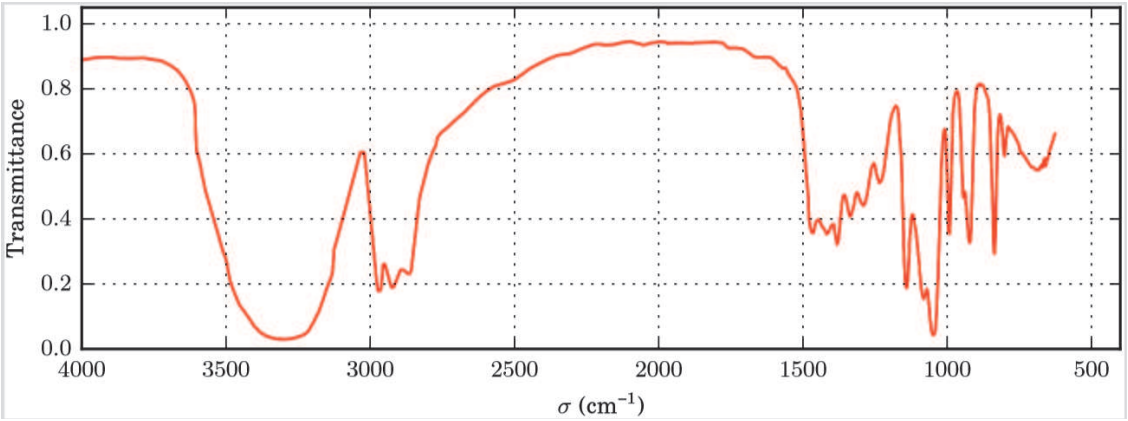
Document 11 : formule semi-développée du propylène glycol.



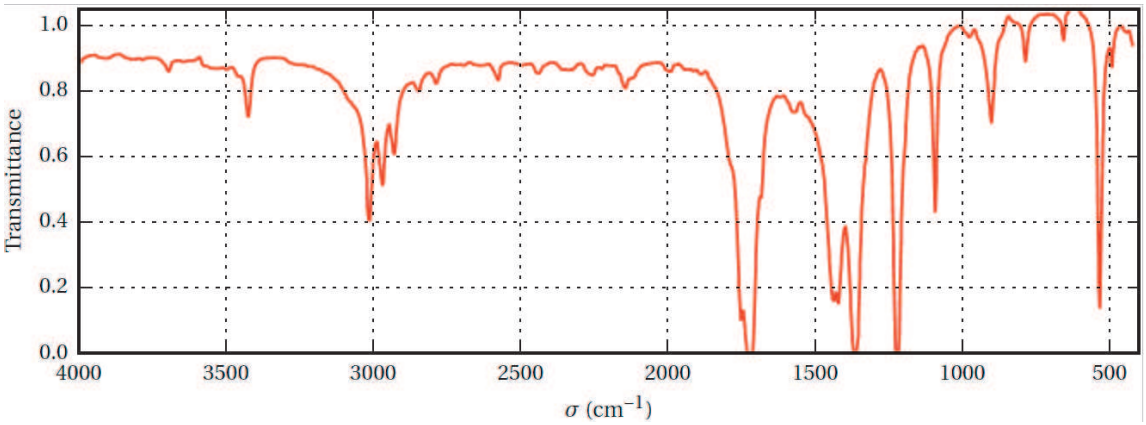
C.1.1. À l'aide du **document 11**, nommer la fonction doublement présente dans la molécule de propylène glycol.

C.1.2. Choisir parmi les **spectres infrarouges n°1 et n°2** ci-dessous celui qui correspond à la molécule de propylène glycol. Justifier le choix effectué en utilisant les tables de données spectroscopiques présentées dans le **document 12**.

Spectre infrarouge n°1



Spectre infrarouge n°2



Document 12 : tables de données spectroscopiques.

Type de liaison	Nombre d'ondes $\sigma(cm^{-1})$
O–H alcool lié (liaisons H)	3200 – 3600 (large)
C_{tri}–H (carbone trigonal : alcènes …)	3000 – 3100
$C_{tét}$–H (carbone tétraédriques)	2800 – 3000
O–H acide carboxylique (liaisons H)	2500 – 3200 (large)
C=O ester	1735 – 1750
C=O aldéhyde-cétone	1700 – 1740
C=O acide carboxylique	1700 – 1725

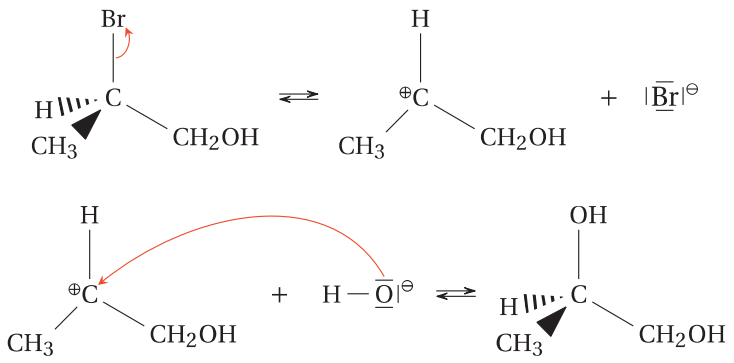
Le propylène glycol peut être obtenu par substitution nucléophile à partir du 2-bromopropan-1-ol dont voici l'équation bilan de la réaction :



Deux mécanismes réactionnels (S_N1 et S_N2) de cette réaction chimique sont étudiés.

Le premier mécanisme est présenté dans le **document 13**.

Document 13 : étapes du mécanisme réactionnel de la substitution nucléophile S_N1.



C.1.3. Déterminer à l'aide de la théorie VSEPR la géométrie du carbocation formé lors du mécanisme réactionnel de la substitution nucléophile S_N1 présentée dans le **document 13**.

Le deuxième mécanisme est étudié dans la question suivante.

C.1.4. Sur le **document-réponse** fourni en annexe **à rendre avec la copie**, représenter les flèches courbes du mécanisme réactionnel de la substitution nucléophile S_N2.

Données

Électronégativités : brome : $\chi(\text{Br}) = 2{,}96$ carbone : $\chi(\text{C}) = 2{,}55$ hydrogène : $\chi(\text{H}) = 2{,}20$

C.2. Étude du chauffage du fluide caloporteur.

C.2.1. Citer la source primaire d'énergie apportée au chauffe-eau.

C.2.2. Nommer le mode de transfert d'énergie mis en jeu entre le corps de chauffe et le fluide caloporteur.

Le fluide caloporteur circule avec un débit volume D_V constant de $20{,}0\ \text{L} \cdot \text{h}^{-1}$. Une sonde mesure une température θ_e du fluide à l'entrée du corps de chauffe de $14{,}9\ °\text{C}$, et une température θ_s du fluide à la sortie du corps de chauffe de $35{,}2\ °\text{C}$. On appelle m la masse de fluide caloporteur circulant dans le corps de chauffe pendant une durée de une heure.

C.2.3. Calculer la valeur de la masse m.

Données

Capacité thermique massique du fluide caloporteur : $c = 3900\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}.°\text{C}^{-1}$

Masse volumique du fluide caloporteur : $\rho_{\text{fluide}} = 1{,}02\ \text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$

C.2.4. À l'aide de la relation $Q = m \times c \times (\theta_s - \theta_e)$, calculer l'énergie Q circulant dans le corps de chauffe pendant une durée de une heure.

C.2.5. En déduire la puissance thermique reçue $P_{\text{reçue}}$ par le fluide caloporteur dans le corps de chauffe.

La puissance P absorbée par le corps de chauffe est de 830 W.

C.2.6. Vérifier que le rendement du corps de chauffe a une valeur voisine de 55 %.

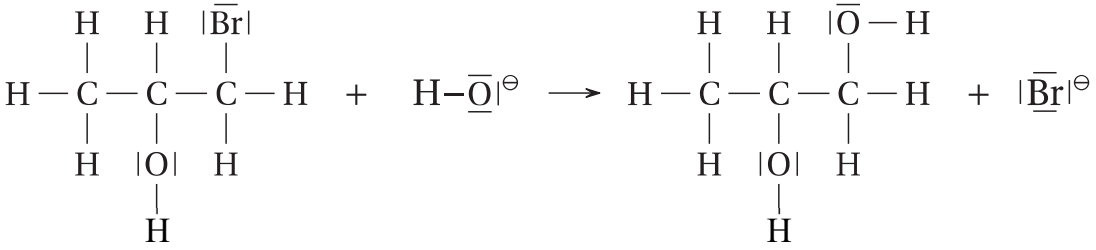
C.2.7. Interpréter la valeur du rendement obtenu.

Document-réponse

(à rendre avec la copie)

Question **C.1.4.**

Mécanisme réactionnel de la substitution nucléophile S_N2 à compléter avec les flèches courbes :



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.