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

Sciences physiques et chimiques en laboratoire

Jeudi 12 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 document vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce document comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15.

La page 15 est **à rendre avec la copie**.

Le candidat traite 3 parties : la partie 1, puis il choisit 2 parties parmi les 3 proposées.

À PROPOS DU JUS D'ORANGE

On s'intéresse au jus d'orange, en particulier à la molécule d'acide ascorbique qu'il contient naturellement, ainsi qu'à certains contrôles effectués au cours de son procédé de fabrication en industrie.

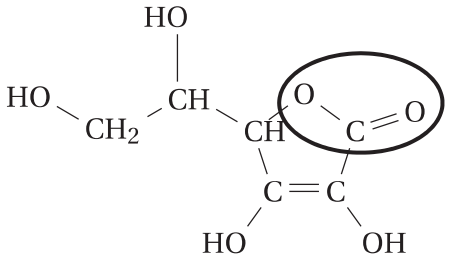
Le candidat traite **obligatoirement la partie 1** puis doit choisir **deux autres parties** parmi celles proposées (A, B et C)

PARTIE	Titre	Repères	Barème
Partie 1 **Commune à tous les candidats**	**Molécule d'acide ascorbique**	• Synthèses chimiques • Des ondes pour mesurer	10 points
Partie A	**Teneur en vitamine C d'un jus d'orange**	• Oxydo-réduction • Acides et bases	5 points
Partie B	**Régulation de la température du jus d'orange**	• Transferts thermiques • Système de régulation	5 points
Partie C	**Mesure du niveau de jus d'orange dans une cuve**	• Ondes mécaniques • Principe fondamental de la statique des fluides	5 points

Partie 1 commune à tous les candidats (10 points)
La molécule d'acide ascorbique

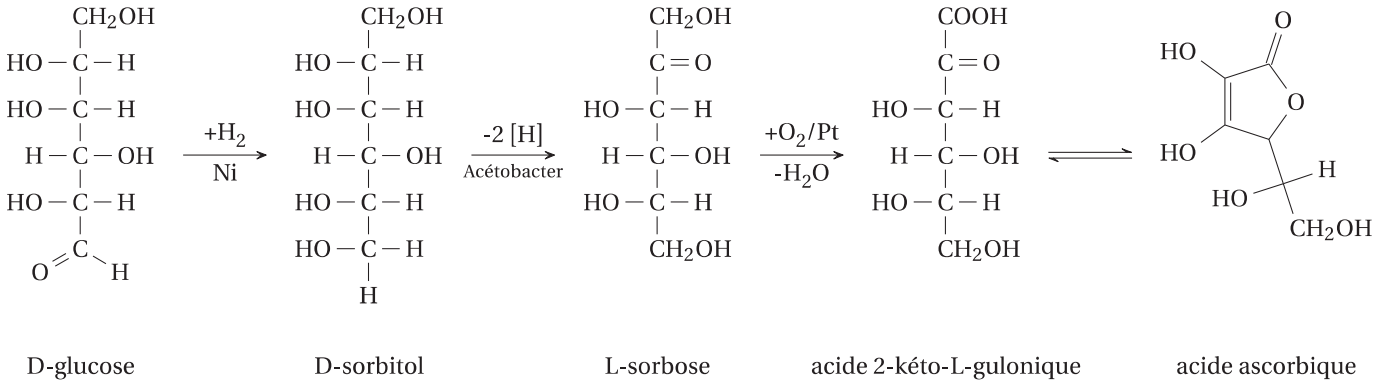
Cette partie traite de la synthèse et de l'analyse de l'acide ascorbique.
Le jus d'oranges pressées est apprécié par les consommateurs pour sa teneur en acide L-ascorbique, connu sous le nom de vitamine C. En effet, la vitamine C intervient dans la défense de l'organisme contre les infections virales et bactériennes, la protection des parois de vaisseaux sanguins, l'assimilation du fer, la cicatrisation et comme agent antioxydant (Source ANSES).

1.1. Donner le nom de la fonction chimique entourée sur la formule semi-développée de la molécule d'acide L-ascorbique donnée ci-dessous.



L'acide L-ascorbique peut être synthétisé en plusieurs étapes à partir du D-glucose. L'étape 2 décrite dans le document 1 est une étape biologique.

Document 1 : étapes de la synthèse de l'acide ascorbique



Étape 1 Étape 2 Étape 3 Étape 4

Données : masses molaires M(glucose) = 180 g·mol^{-1} ; M(acide ascorbique) = 176 g·mol^{-1}.

1.2. Nommer la fonction chimique qui disparaît et celle qui apparaît lors de l'étape 1.

Lors de l'étape 4, la fonction acide carboxylique de l'acide 2-kéto-L-gulonique réagit avec une de ses fonctions alcool.

1.3. Choisir le nom de cette réaction dans la liste suivante : oxydation, estérification, hydrolyse, saponification.

1.4. Donner le nom de l'espèce produite en même temps que l'acide ascorbique.

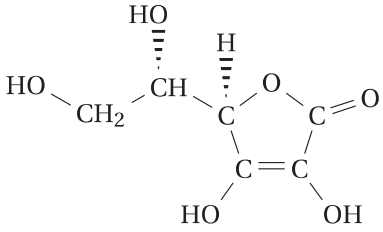
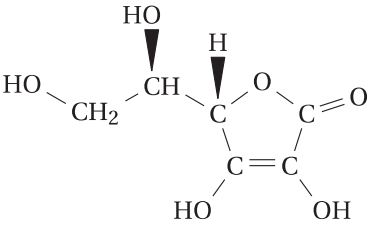
1.5. Sachant que la production annuelle mondiale d'acide ascorbique est de 80 000 tonnes, déterminer la valeur de la quantité de matière n_a d'acide ascorbique produit annuellement.

1.6. Sachant qu'une mole de glucose produit une mole d'acide ascorbique et que le rendement de la synthèse est de 60 %, déterminer la valeur de la masse m_G de glucose nécessaire.

1.7. Recopier la formule de l'acide L-ascorbique donnée dans la question 1.1. et indiquer les atomes de carbone asymétrique par une étoile *. En déduire le nombre de stéréoisomères de configuration que possède la molécule d'acide ascorbique.

L'acide L-ascorbique est la seule molécule à pouvoir s'appeler vitamine C. C'est l'isomère naturellement présent dans les fruits et les légumes (E300). Il peut être synthétisé seul par la méthode étudiée précédemment, ou par un autre procédé, qui donne alors un mélange racémique composé à 50 % d'acide L-ascorbique et à 50 % d'acide D-ascorbique.

Document 2 : quelques données sur deux stéréoisomères de l'acide ascorbique

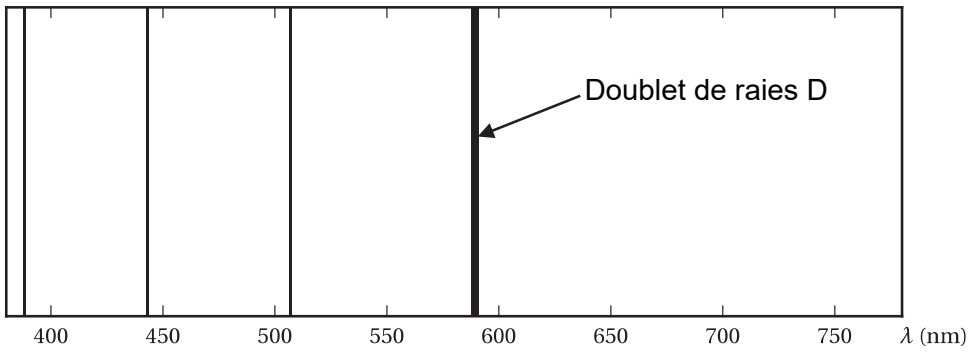
Nom	Acide L-ascorbique	Acide D-ascorbique
Formule		
Masse molaire	$M = 176\ g \cdot mol^{-1}$	
Indice de réfraction	$n_D^{25} = 1{,}5101$	
Pouvoir rotatoire spécifique	$[\alpha]_D^{25} = +21\ ° \cdot g^{-1} \cdot mL \cdot dm^{-1}$	$[\alpha]_D^{25} = -21\ ° \cdot g^{-1} \cdot mL \cdot dm^{-1}$

1.8. Justifier que les acides L-ascorbique et D-ascorbique sont énantiomères.

1.9. Justifier qu'on ne peut pas différencier les acides L-ascorbique et D-ascorbique par leur spectre infrarouge.

L'indice de réfraction est une grandeur physique caractéristique d'une substance.
Pour la suite, on prendra l'indice de réfraction de l'acide L-ascorbique $n_D^{25} = 1{,}51$.
Dans la notation n_D^{25}, l'exposant et l'indice signifient que la mesure est réalisée à 25 °C, avec le doublet de raies D du sodium. Les longueurs d'onde des raies de ce doublet sont si proches qu'on ne les distingue pas sur le spectre ci-dessous.

Document 3 : spectre d'émission du sodium



D'après des données NIST

1.10. Définir par une phrase l'indice de réfraction en utilisant la notion de célérité.

1.11. Le doublet de raies D du sodium est-il dans le spectre visible ? Justifier.

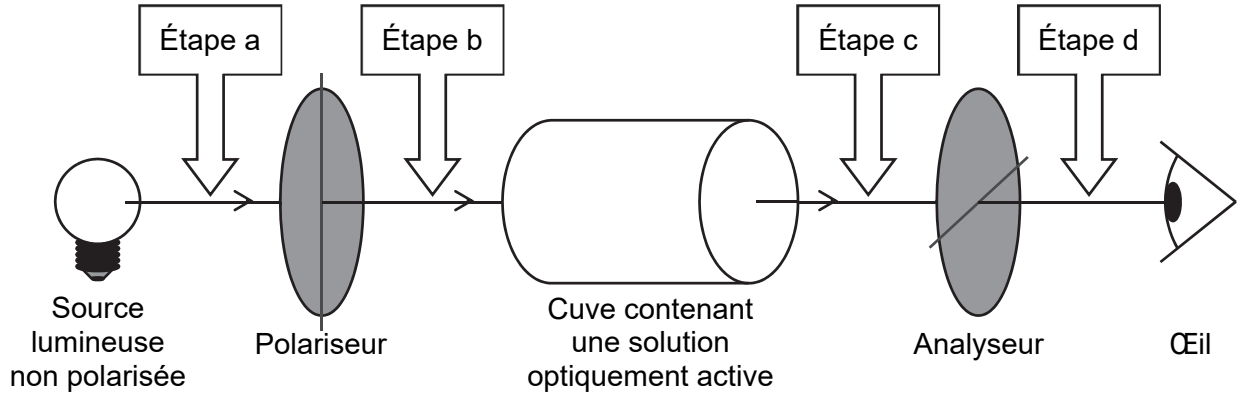
1.12. Compléter le **<u>document réponse page 15, à rendre avec la copie</u>** en effectuant les tâches suivantes :

- repérer l'angle incident i avec un arc de cercle, et donner sa mesure en degrés en s'aidant du cercle trigonométrique tracé sur la figure ;
- calculer la valeur de l'angle de réfraction r en détaillant le calcul, dans le cadre prévu à cet effet ;
- tracer le rayon réfracté ;
- repérer l'angle de réfraction r avec un arc de cercle.

1.13. Pourrait-on distinguer l'acide L-ascorbique de l'acide D-ascorbique par la mesure de leur indice de réfraction ? Justifier.

Ces deux molécules, mises en solution, ont un pouvoir rotatoire spécifique différent. Pour faire expérimentalement la différence entre elles, on pourra donc utiliser un polarimètre.

Document 4 : schéma de la structure du polarimètre, avec polariseur et analyseur croisés



Les orientations du polariseur et de l'analyseur croisés sont orthogonales. Dans ces conditions, en l'absence de solution optiquement active, aucune lumière n'émerge du polarimètre.

1.14. Donner la nature physique des ondes lumineuses.

1.15. Indiquer l'état de polarisation dans l'étape b du document 4.

1.16. Indiquer ce que l'on observe dans l'étape d si la cuve contient un mélange racémique. Justifier.

Parties au choix du candidat (10 points)
Vous indiquerez les deux parties choisies : (A et B) ou (B et C) ou (A et C)

Partie A : teneur en vitamine C d'un jus d'orange (5 points)

L'objectif est de déterminer la concentration en vitamine C, de formule brute $C_6H_8O_6$, contenue dans un jus d'oranges pressées.

Document 5 : tableau donnant la masse de quelques constituants pour $100\ \text{mL}$ de jus d'orange

Eau	$85\ \text{g}$
Glucides	$12\ \text{g}$
Acide citrique	$1{,}5\ \text{g}$
Calcium	$66\ \text{mg}$
Potassium	$180\ \text{mg}$
Vitamine C	À déterminer

L'acide ascorbique est un acide faible noté AH(aq), sa base conjuguée est l'ion ascorbate noté A^-(aq).

On envisage un titrage acido-basique de l'acide ascorbique par une solution titrante d'hydroxyde de sodium.

On donne les couples acido-basiques suivants : HA(aq) / A^-(aq) ; $H_2O(\ell)$ / HO^-(aq)

A1. Établir l'équation de la réaction entre l'acide ascorbique et les ions hydroxyde.

A2. Exprimer le quotient de réaction Q_r à l'équilibre en fonction des concentrations à l'équilibre des réactifs et des produits de la réaction.

À 25 °C, le produit ionique de l'eau est $Ke = 10^{-14}$ et la constante d'acidité du couple HA(aq) / A^-(aq) est $Ka_1 = 10^{-4,1}$.

A3. Donner les expressions de la constante d'acidité Ka_1 et du produit ionique de l'eau Ke, puis montrer que $K = \frac{Ka_1}{Ke}$.

A4. Calculer la valeur de la constante d'équilibre K à 25 °C. En déduire que cette réaction peut servir de support à un titrage acido-basique.
Donnée : on pourra considérer qu'une transformation chimique est totale quand $K \gg 10^3$.

A5. En s'appuyant sur le document 5, expliquer pourquoi cette méthode n'est toutefois pas utilisable pour déterminer la teneur en acide ascorbique d'un jus d'orange.

Finalement, il a été décidé de doser la vitamine C par un titrage indirect. Il s'agit d'un titrage dans lequel une solution de diiode est introduite en excès. La quantité de matière restante de diiode sera déterminée par les ions thiosulfate. L'utilisation d'un indicateur coloré permet de repérer l'équivalence.
L'empois d'amidon est incolore en l'absence de diiode I_2 et donne une coloration bleue intense en présence de diiode I_2. Les autres espèces chimiques intervenant dans le titrage sont incolores.

Document 6 : protocole de titrage

- Prélever $V_{jus} = 10{,}0\ mL$ de jus d'orange filtré et l'introduire dans un bécher.
- Introduire un volume $V_1 = 10{,}0\ mL$ de solution de diiode I_2 de concentration en quantité de matière $C_1 = 5{,}00 \times 10^{-3}\ mol \cdot L^{-1}$.
- Laisser sous agitation pendant 10 min.
- Introduire dans la burette graduée la solution de thiosulfate de sodium $(2\ Na^+ + S_2O_3^{2-})$ à la concentration en quantité de matière $C_2 = 5{,}00 \times 10^{-3}\ mol \cdot L^{-1}$.
- Placer le bécher sous la burette graduée et sous agitation.
- Ajouter quelques gouttes d'empois d'amidon dans le mélange réactionnel.
- Verser goutte à goutte la solution de thiosulfate de sodium.
- Continuer de verser la solution de thiosulfate de sodium jusqu'à obtention d'un changement de couleur persistant dans la solution.

Les couples d'oxydo-réduction sont : $I_2(aq) / I^-(aq)$; $C_6H_6O_6(aq) / C_6H_8O_6(aq)$ et $S_4O_6^{2-}(aq) / S_2O_3^{2-}(aq)$

L'équation 1 modélise l'action du diiode sur l'acide ascorbique :

$$C_6H_8O_6(aq) + I_2(aq) \rightarrow C_6H_6O_6(aq) + 2\ I^-(aq) + 2\ H^+(aq)$$

L'équation 2 est support du titrage :

$$I_2(aq) + 2\ S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow 2\ I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$

Les deux transformations sont supposées totales.

A6. Réaliser un schéma du montage de titrage en indiquant le nom de l'espèce titrante et de l'espèce titrée intervenant dans le titrage indirect.

A7. Définir l'équivalence d'un titrage. Indiquer le changement de couleur qui permet de la repérer pour ce titrage indirect.

Document 7 : données expérimentales et évaluation des incertitudes

8 titrages sont réalisés dans les mêmes conditions :

V_{Eq} en mL	6,80	7,40	7,20	6,90	7,05	7,15	6,85	7,20

Évaluation de type A de l'incertitude-type sur V_{Eq} : $u(V_{Eq}) = \frac{s}{\sqrt{n}}$

avec :

- n nombre de mesures indépendantes
- s l'écart-type expérimental de cette série de mesure : $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

A8. Donner une estimation de la valeur du volume équivalent V_{Eq} ainsi que de son incertitude type $u(V_{Eq})$ avec 1 chiffre significatif, par l'évaluation de type A.

A9. Déterminer la valeur de la quantité de matière initiale de diiode n_1 introduite dans le bécher.

A10. Vérifier que la valeur de la quantité de matière de diiode restante $n_{restant}$ vaut $1{,}77 \times 10^{-5}\ mol$.

A11. Déterminer alors la valeur de la quantité de matière de diiode $n_{réagit}$ qui a réagi avec l'acide ascorbique. En déduire la valeur de la quantité de matière d'acide ascorbique n_a contenue dans $10\ mL$ de jus de fruit.

Les recommandations européennes conseillent un apport quotidien d'environ $80\ mg$ de vitamine C.

A12. Indiquer si la consommation d'un verre de $150\ mL$ de jus d'oranges pressées suffit pour couvrir ses besoins quotidiens en vitamine C.
Donnée : $M_{acide\ ascorbique} = 176\ g \cdot mol^{-1}$.

Partie B : régulation de la température du jus d'orange (5 points)

En industrie, après le pressage des oranges, le jus doit être stocké dans de bonnes conditions.

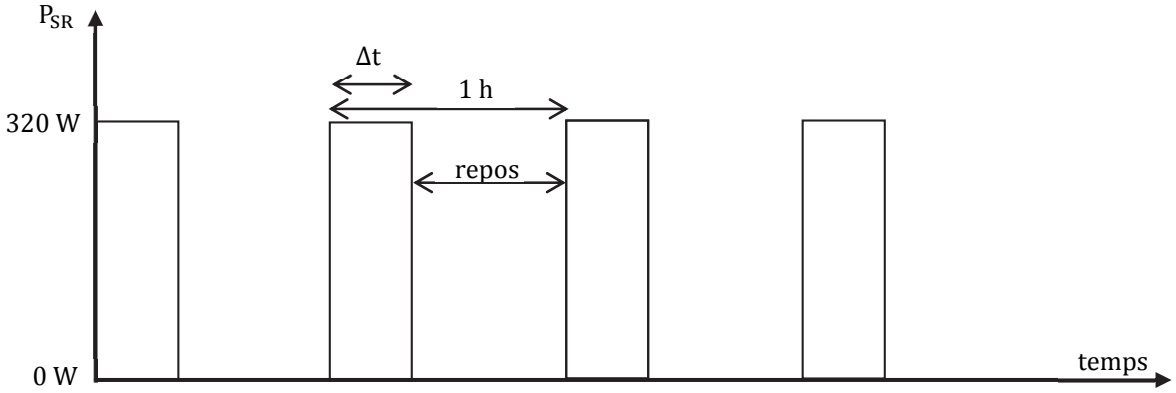
Pour conserver le jus d'orange, deux options sont possibles : soit par un traitement à chaud, soit à froid. Le refroidissement du jus d'orange sera privilégié pour préserver tous les bénéfices de la vitamine C, qui serait dégradée par la chaleur.

On refroidit d'abord le jus d'orange à 4 °C puis on le stocke dans une cuve réfrigérée.

Ainsi la température du jus d'orange est maintenue à 4 °C grâce à un système de refroidissement.
On considère que la température ambiante est de 20 °C.

Document 8 : fonctionnement du système de refroidissement (SR) au cours du temps

Puissance thermique évacuée par le système de refroidissement (SR) en fonction du temps.

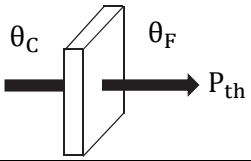


Sur 1 h, le système de refroidissement ne fonctionne que pendant une durée Δt, sinon il est à l'arrêt.

Document 9 : calcul d'une puissance thermique à travers une paroi

La puissance thermique P_{th} au travers d'une paroi de résistance thermique R_{th} soumise de part et d'autre à des températures θ_C et θ_F ($\theta_C > \theta_F$) est telle que :

$$\theta_C - \theta_F = R_{th} \times P_{th}$$



B1. Préciser les valeurs des températures θ_C et θ_F de part et d'autre de la paroi de la cuve de stockage. Expliquer alors l'impact sur l'évolution de la température du jus d'orange dans la cuve sans système de refroidissement.

B2. La résistance thermique de la paroi de la cuve vaut $R_{th} = 0{,}17\ K \cdot W^{-1}$.
Calculer la valeur de la puissance thermique P_{th} traversant la paroi de la cuve.

B3. Montrer qu'en une heure, le transfert thermique Q_{th} reçu par le jus d'orange dans la cuve vaut $3{,}4 \times 10^5$ J.

B4. En déduire la valeur du transfert thermique reçu Q_{SR}, que doit évacuer le système de refroidissement pendant une heure.

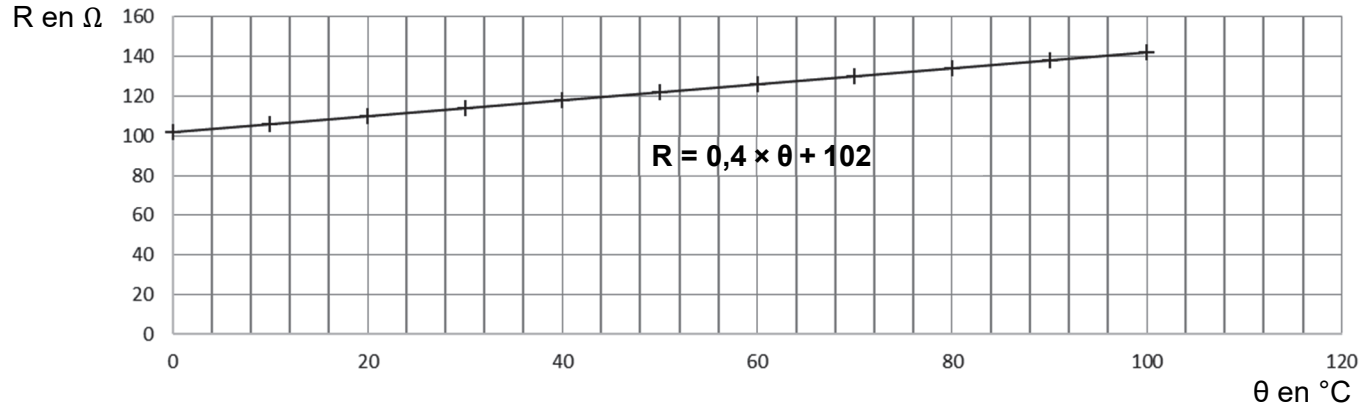
B5. Déterminer alors, en minutes, la valeur de la durée de fonctionnement Δt du système de refroidissement sachant que sa puissance P_{SR} est de 320 W.

B6. En été, la température ambiante augmente. Comment est modifiée la valeur Δt de la durée de fonctionnement du système de refroidissement ? Justifier.

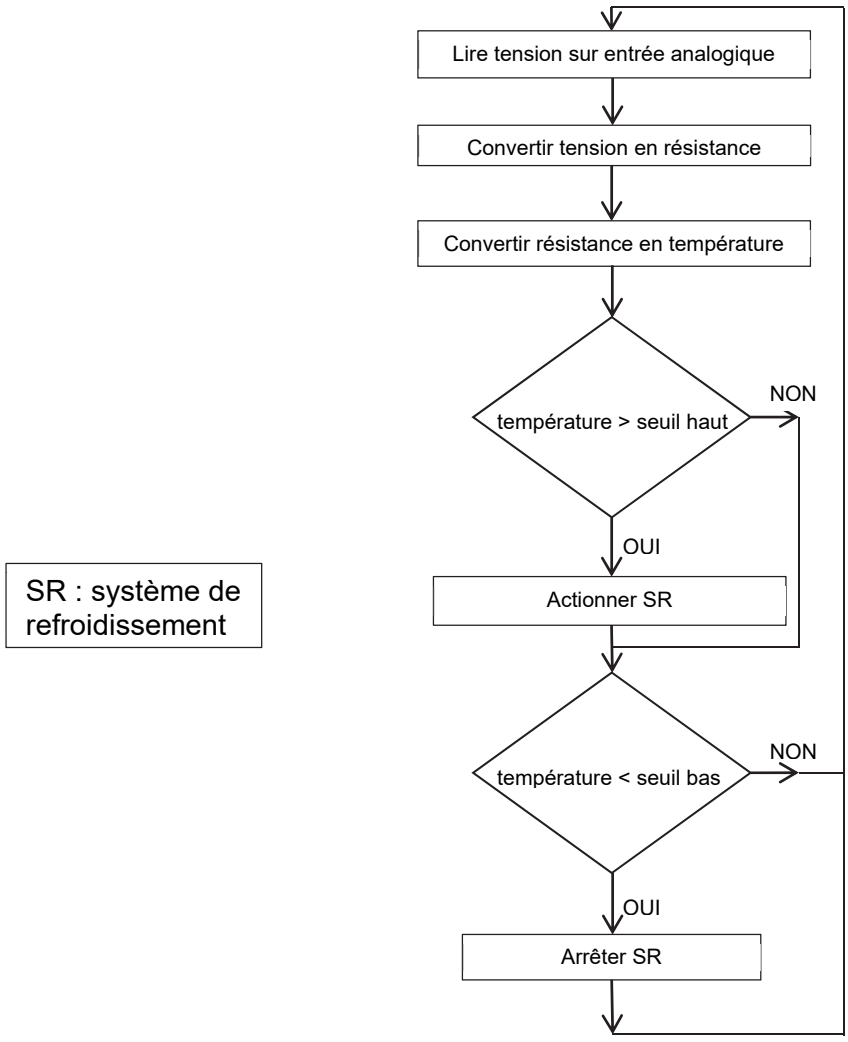
Le fonctionnement du système de refroidissement est piloté par un régulateur de température. Le capteur de température utilisé est une sonde en platine Pt100, reliée à un microcontrôleur qui commande la mise en route et l'arrêt du système de refroidissement. Ce système reçoit ainsi les commandes LOW (Arrêt) ou HIGH (Marche) selon la valeur de la température de la cuve de stockage.
Les recommandations sanitaires précisent de conserver un jus de fruit frais à des températures comprises entre 1 °C et 4 °C.

B7. Donner le nom de ce type de régulation en le justifiant.

Document 10 : évolution de la résistance R de la sonde Pt100 en fonction de la température θ



Document 11 : algorigramme de régulation



SR : système de refroidissement

Document 12 : programme de régulation de température de la machine thermique

```
1  // initialisation des variables
2  float temperature;               //la grandeur température est un réel
3  float R;                         //la grandeur R est un réel
4  float TensionThermistance;       //la grandeur TensionThermistance est un réel
5  boolean BoutonON_OFF_SR = LOW;   //initialisation du système de refroidissement à un état
6                                   //bas, le système de refroidissement ne fonctionne pas
7
8  void setup()
9  {
10   Serial.begin(115200);          //initialisation du port série
11   pinMode(8,OUTPUT);             //la broche 8 du microcontrôleur est utilisée en sortie
12 }
13
14 void loop()
15 {
16   TensionThermistance=(5/1023)*analogRead(A1); //la tension aux bornes de la thermistance
17                                   //est lue sur la broche A1 du microcontrôleur
18
19   R=200*TensionThermistance/(5-TensionThermistance); //calcul de la résistance R de
20                                                      //la thermistance
21
22   temperature= À COMPLÉTER (Voir question 3.8.);     //calcul de la température
23
24   //Si on mesure un niveau supérieur au seuil haut, actionner le système de
25   //refroidissement
26   if(temperature>4)
27          {
28            BoutonON_OFF_SR = HIGH;
29          }
30   À COMPLÉTER (Voir question 3.10.)
31
32
33
34
35
36
37 digitalWrite(8,BoutonON_OFF_SR); //écriture sur le port de sortie pour
38                                   //commander le système de refroidissement
39   delay(10000);                   //attente de 10s = 10000ms avant une nouvelle mesure
40 }
41
42
```

B8. Sur votre copie, écrire la ligne 22 du programme associé à l'algorigramme permettant de passer de la résistance à la température.

B9. Donner les numéros de lignes du programme correspondant à la condition de mise en marche du système de refroidissement.

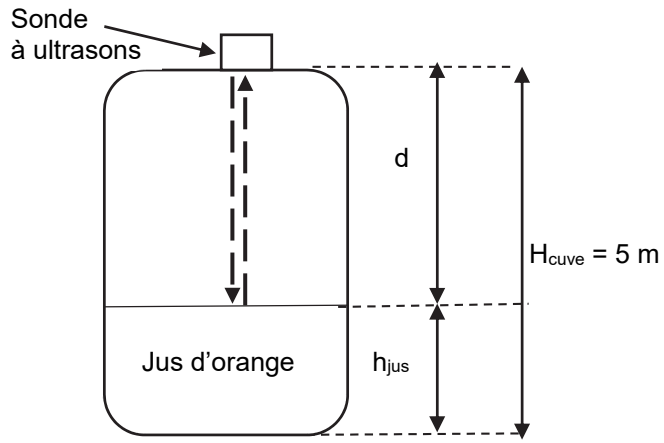
B10. Sur votre copie, écrire les lignes du programme portant sur la comparaison de la température avec le seuil bas à partir de la ligne 30.

Partie C : mesure du niveau de jus d'orange dans une cuve (5 points)

Dans l'industrie du jus d'orange, le jus issu du pressage des oranges est stocké dans des cuves. On s'intéresse ici à la détermination du niveau de jus dans une cuve.

La mesure du niveau est basée sur le temps de propagation aller-retour de salves ultrasonores émises depuis une sonde jusqu'à la surface du milieu. L'émission et la réception des signaux ultrasonores s'effectuent sur la même cellule, donc le récepteur est inactif pendant l'émission des salves.
De ce fait, les sondes à ultrasons ont une zone aveugle où aucune mesure n'est possible. Cela signifie que si la surface est située à une distance du capteur inférieure à d_{min}, elle ne sera pas détectée.

Document 13 : principe de fonctionnement de la sonde à ultrasons et données constructeur



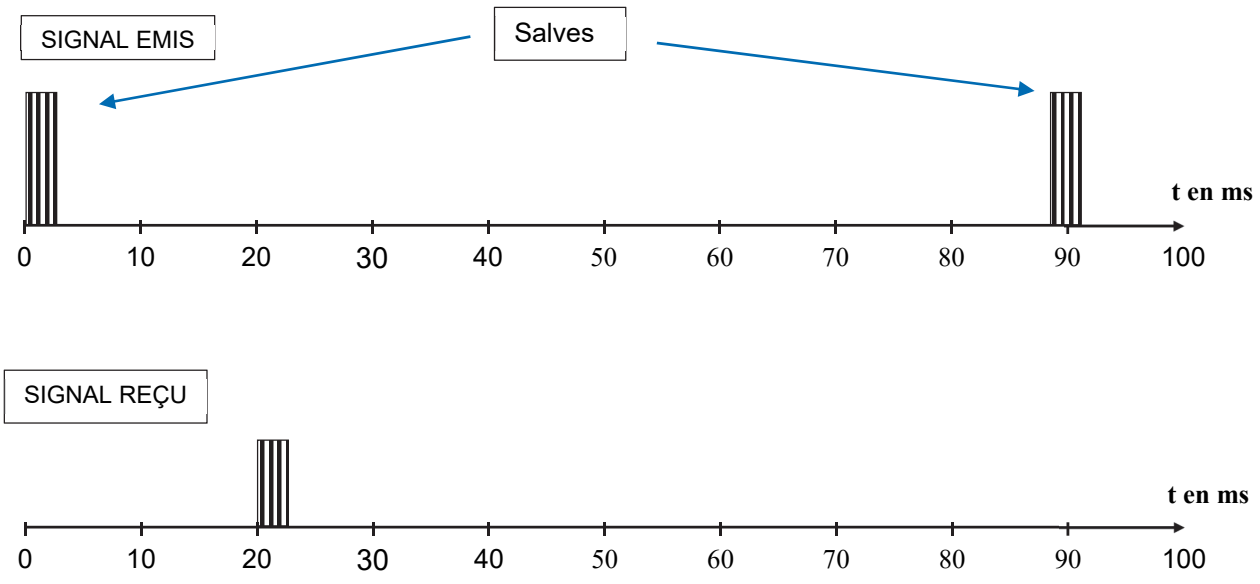
Le constructeur annonce une plage de mesure pour la distance d :

de $d_{min} = 0{,}6$ m à $d_{max} = 15$ m

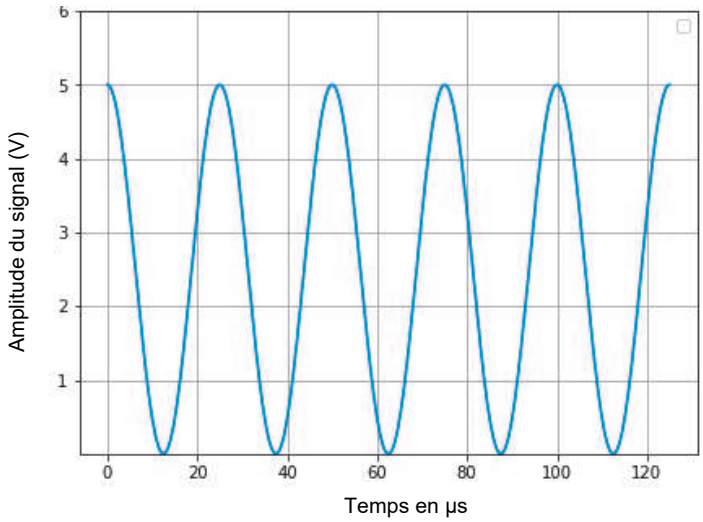
Document 14 : allure des signaux émis et reçus par le capteur à ultrasons

Le signal émis par la sonde est constitué de salves ultrasonores séparées par une durée $\Delta t_1 = 88$ ms.

Chaque salve a une durée de $\Delta t_2 = 3{,}5$ ms et est constituée d'un signal ultrasonore de fréquence f, représenté dans le document 15.



Document 15 : allure du signal émis à l'intérieur d'une salve



C1. Les ultrasons sont des ondes de fréquence supérieure à 20 kHz. Montrer que c'est bien le cas du signal émis pendant les salves.

C2. En utilisant la durée d'une salve d'émission ultrasonore Δt_2, vérifier par un calcul la valeur de la distance minimale du niveau du liquide d_{min}, détectable par le capteur, indiquée par le constructeur.

Donnée : la célérité des ondes ultrasonores dans l'air est $v = 340\ m \cdot s^{-1}$.

C3. À l'aide du document 14, déterminer la valeur de la durée Δt_{AR} d'un aller-retour d'une salve.

C4. En déduire la valeur du niveau de jus h_{jus} d'orange dans la cuve.

Il est également possible d'utiliser un capteur de pression absolue pour mesurer le niveau de jus d'orange dans la cuve. Ces capteurs permettent de mesurer la pression hydrostatique d'un liquide et par conséquent déterminer le niveau de ce liquide.

Données :
- Pression de l'air dans la cuve $P_{air} = 1{,}00\ bar = 1{,}00 \times 10^5\ Pa$
- Masse volumique du jus d'orange : $\rho = 1020\ kg \cdot m^{-3}$
- Intensité du champ de pesanteur : $g = 9{,}81\ m \cdot s^{-2}$

C5. Indiquer, en le justifiant, où placer le capteur de pression hydrostatique pour mesurer la hauteur de liquide dans la cuve.

C6. Le capteur mesure une pression absolue $P = 1{,}17\ bar$, avec une incertitude de $0{,}01\ bar$. Calculer la valeur de hauteur de jus h_{jus}.

Au vu de la faible incertitude qui lui est associée, la mesure effectuée à la question **C4.** peut être considérée comme une valeur de référence.

On considère que l'incertitude-type sur la mesure effectuée en **C6**. de la hauteur de jus h_{jus} est $u(h_{jus}) = 0{,}10$ m.

Document 16 : critère de compatibilité entre une valeur expérimentale mesurée et une valeur de référence.

Afin de comparer la compatibilité d'une mesure et d'une valeur référence, on effectue le calcul du quotient suivant :

$$\frac{|X_{mes} - X_{ref}|}{u(X)}$$

X_{mes} : valeur mesurée
X_{ref} : valeur de référence
$u(X)$: incertitude type associée au résultat de la mesure

Le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence si le quotient ci-dessus est inférieur ou égal à 2.

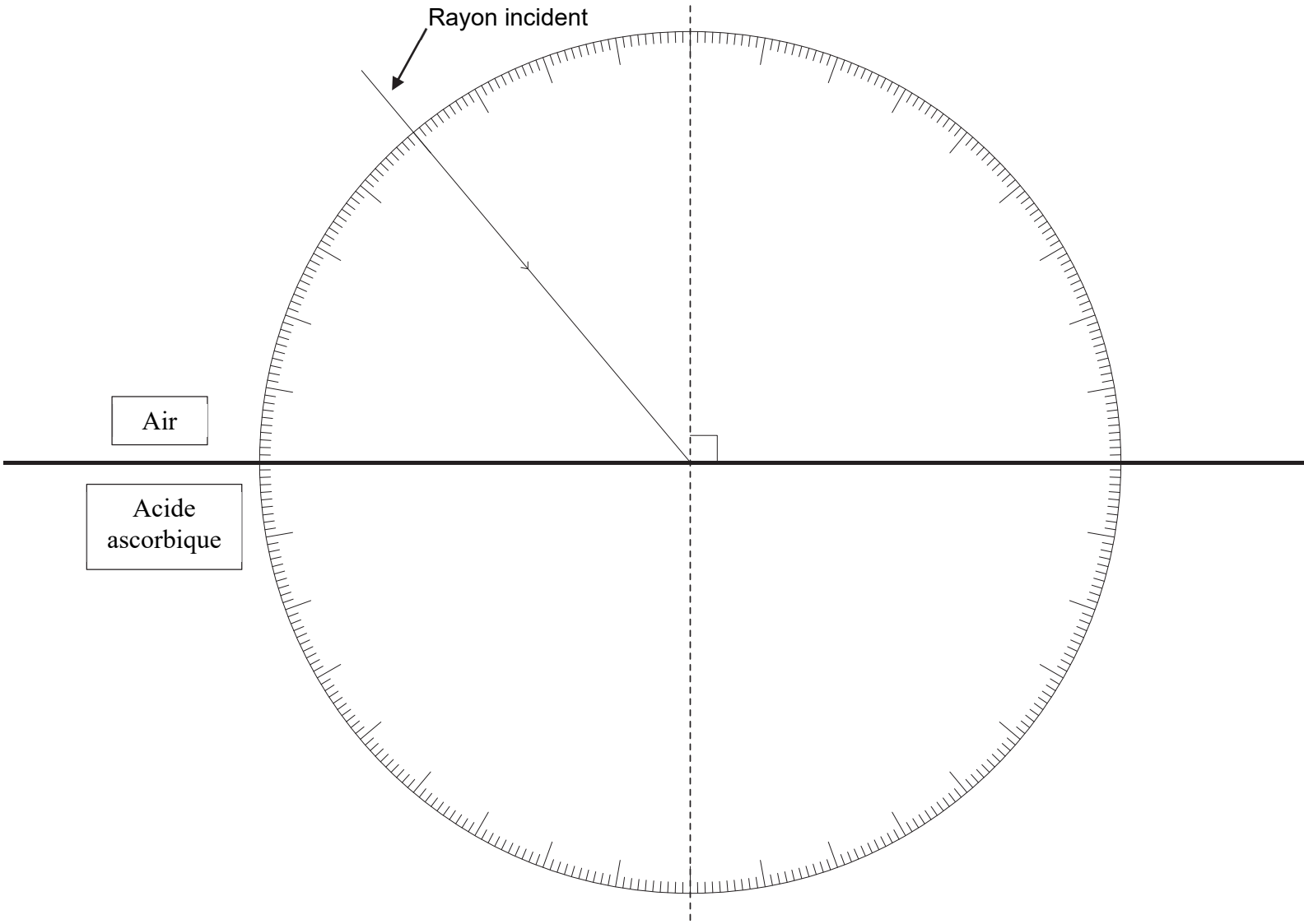
C7. Conclure quant à la compatibilité entre la mesure de la question **C6.** et la valeur de référence.

Page blanche laissée intentionnellement.

Ne rien inscrire dessus.

DOCUMENT-RÉPONSE
À RENDRE AVEC LA COPIE

Partie 1, Question 1.12.



Calcul de l'angle réfracté
Donnée : indice de réfraction de l'air $n_{air} = 1{,}00$

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.