

# 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 collègue » 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)

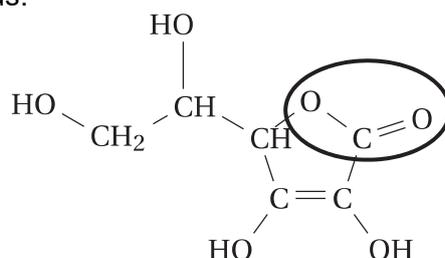
PARTIE	Titre	Repères	Barème
<b>Partie 1</b> Commune à tous les candidats	Molécule d'acide ascorbique	<ul style="list-style-type: none"><li>• Synthèses chimiques</li><li>• Des ondes pour mesurer</li></ul>	10 points
<b>Partie A</b>	Teneur en vitamine C d'un jus d'orange	<ul style="list-style-type: none"><li>• Oxydo-réduction</li><li>• Acides et bases</li></ul>	5 points
<b>Partie B</b>	Régulation de la température du jus d'orange	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transferts thermiques</li><li>• Système de régulation</li></ul>	5 points
<b>Partie C</b>	Mesure du niveau de jus d'orange dans une cuve	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ondes mécaniques</li><li>• Principe fondamental de la statique des fluides</li></ul>	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.

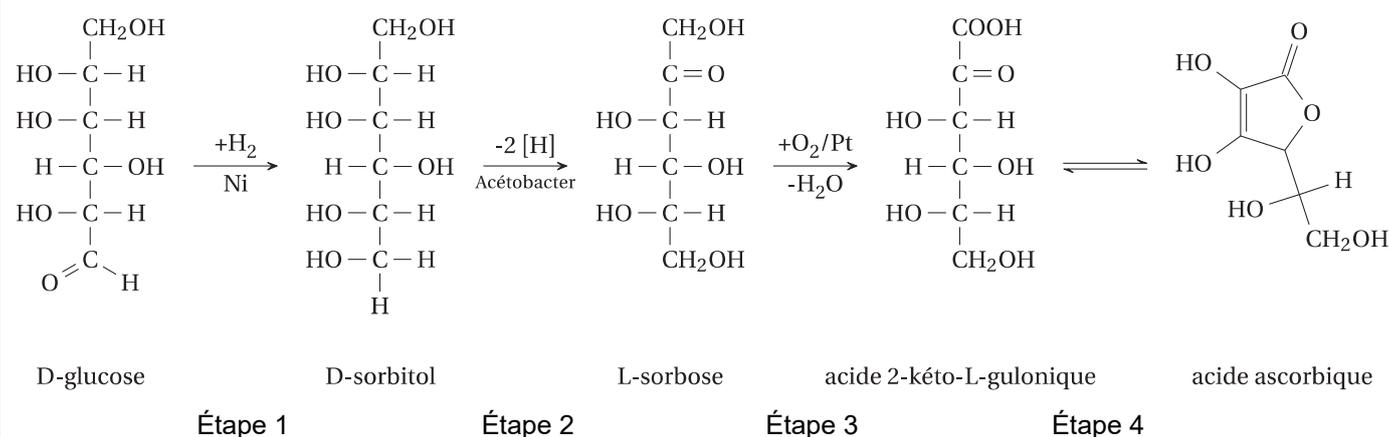
Le jus d'oranges pressées est apprécié par les consommateurs pour sa teneur en acide L-ascorbique, connu sous le nom de vitamine C. En effet, la vitamine C intervient dans la défense de l'organisme contre les infections virales et bactériennes, la protection des parois de vaisseaux sanguins, l'assimilation 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**



**Données :** masses molaires  $M(\text{glucose}) = 180 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{acide ascorbique}) = 176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

- 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	$M = 176 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$	
Indice de réfraction	$n_D^{25} = 1,5101$	
Pouvoir rotatoire spécifique	$[\alpha]_D^{25} = + 21 \text{ }^\circ \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{mL} \cdot \text{dm}^{-1}$	$[\alpha]_D^{25} = - 21 \text{ }^\circ \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{mL} \cdot \text{dm}^{-1}$

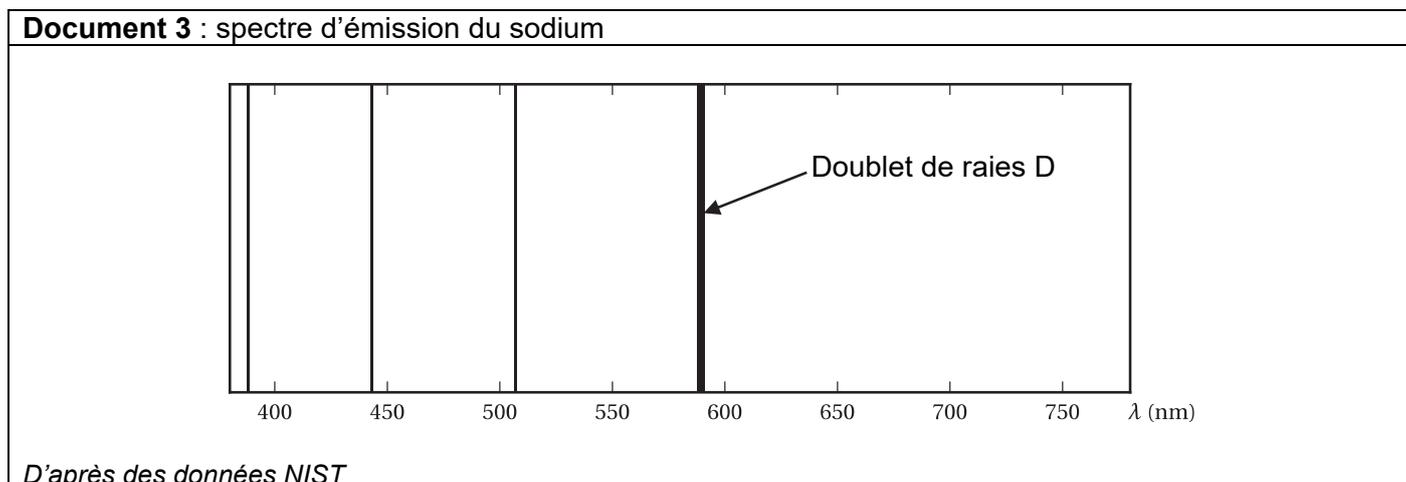
1.8. Justifier que les acides L-ascorbique et D-ascorbique sont énantiomères.

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.



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

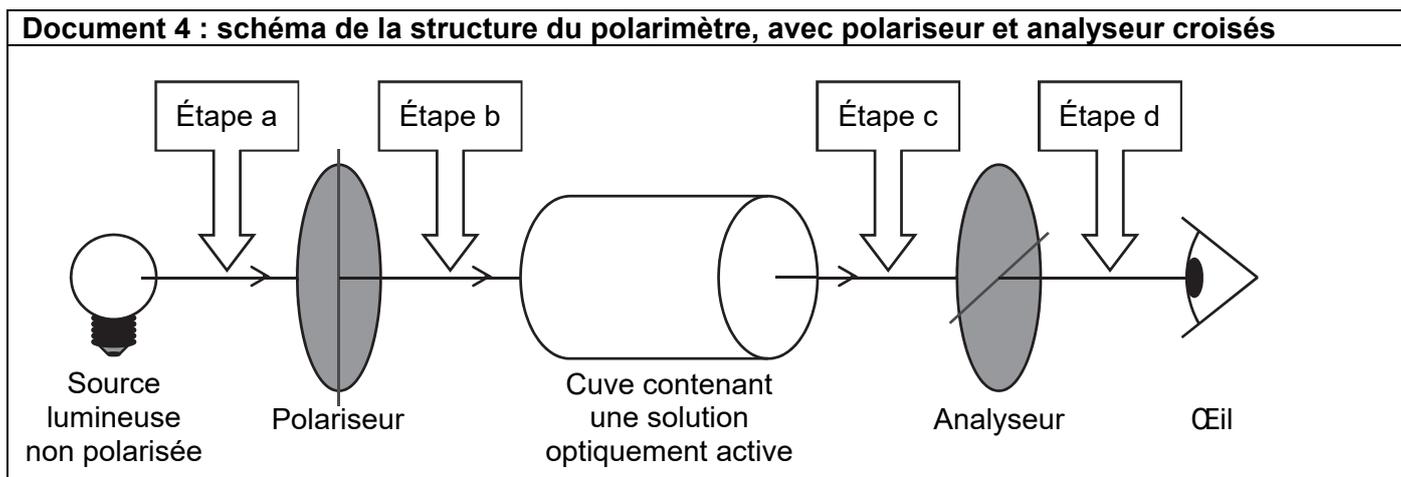
1.11. Le doublet de raies D du sodium est-il dans le spectre visible ? Justifier.

1.12. Compléter le **document réponse page 15, à rendre avec la copie** 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.



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 mL de jus d'orange**

Eau	85 g
Glucides	12 g
Acide citrique	1,5 g
Calcium	66 mg
Potassium	180 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 :  $HA(aq) / A^-(aq)$  ;  $H_2O(l) / HO^-(aq)$

- 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  $K_e = 10^{-14}$  et la constante d'acidité du couple  $HA(aq) / A^-(aq)$  est  $K_{a1} = 10^{-4,1}$ .

- A3.** Donner les expressions de la constante d'acidité  $K_{a1}$  et du produit ionique de l'eau  $K_e$ , puis montrer que  $K = \frac{K_{a1}}{K_e}$ .
- 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.

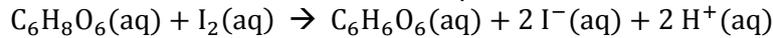
L'empois d'amidon est incolore en l'absence de diiode  $I_2$  et donne une coloration bleue intense en présence de diiode  $I_2$ . Les autres espèces chimiques intervenant dans le titrage sont incolores.

**Document 6 : protocole de titrage**

- Prélever  $V_{\text{jus}} = 10,0$  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  $C_1 = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .
- Laisser sous agitation pendant 10 min.
- Introduire dans la burette graduée la solution de thiosulfate de sodium ( $2 \text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ) à la concentration en quantité de matière  $C_2 = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .
- 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 :  $I_2(\text{aq}) / I^-(\text{aq})$  ;  $C_6H_6O_6(\text{aq}) / C_6H_8O_6(\text{aq})$  et  $S_4O_6^{2-}(\text{aq}) / S_2O_3^{2-}(\text{aq})$

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



L'équation 2 est support du titrage :



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 :

$V_{\text{Eq}}$ 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  $V_{\text{Eq}}$  :  $u(V_{\text{Eq}}) = \frac{s}{\sqrt{n}}$

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  $V_{\text{Eq}}$  ainsi que de son incertitude type  $u(V_{\text{Eq}})$  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  $n_{\text{restant}}$  vaut  $1,77 \times 10^{-5} \text{ mol}$ .
- A11.** Déterminer alors la valeur de la quantité de matière de diiode  $n_{\text{réagit}}$  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 :  $M_{\text{acide ascorbique}} = 176 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

## 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.

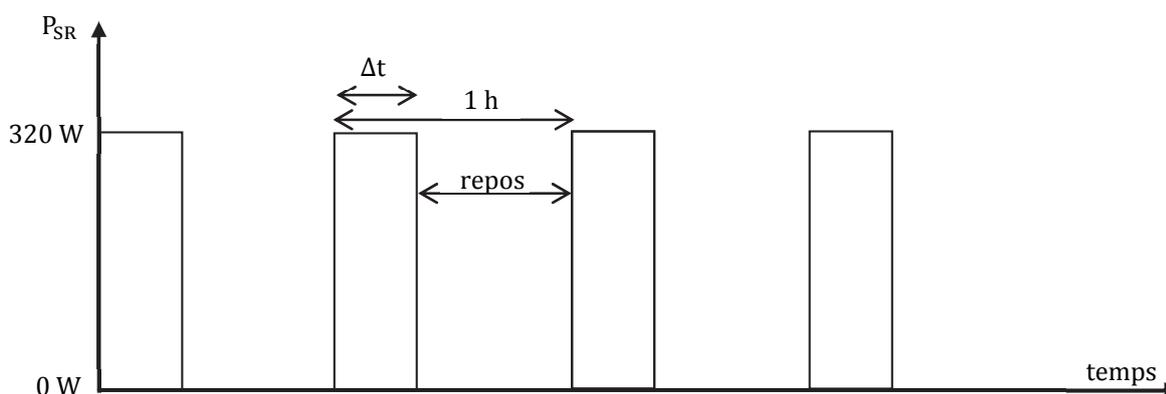
Pour conserver le jus d'orange, deux options sont possibles : soit par un traitement à chaud, soit à froid. Le refroidissement du jus d'orange sera privilégié pour préserver tous les bénéfices de la vitamine C, qui serait dégradée par la chaleur.

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.

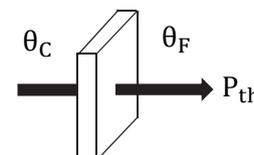


Sur 1 h, le système de refroidissement ne fonctionne que pendant une durée  $\Delta t$ , sinon il est à l'arrêt.

### 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  $\theta_C$  et  $\theta_F$  ( $\theta_C > \theta_F$ ) est telle que :

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



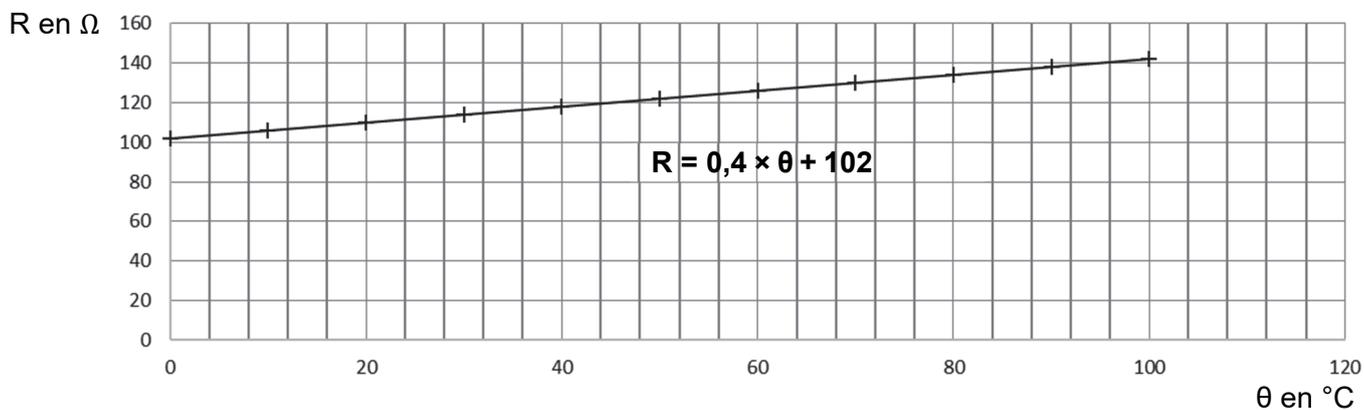
- B1.** Préciser les valeurs des températures  $\theta_C$  et  $\theta_F$  de part et d'autre de la paroi de la cuve de stockage. Expliquer alors l'impact sur l'évolution de la température du jus d'orange dans la cuve sans système de refroidissement.
- B2.** La résistance thermique de la paroi de la cuve vaut  $R_{th} = 0,17 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$ . 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  $3,4 \times 10^5 \text{ J}$ .
- 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  $\Delta t$  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  $\Delta t$  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.

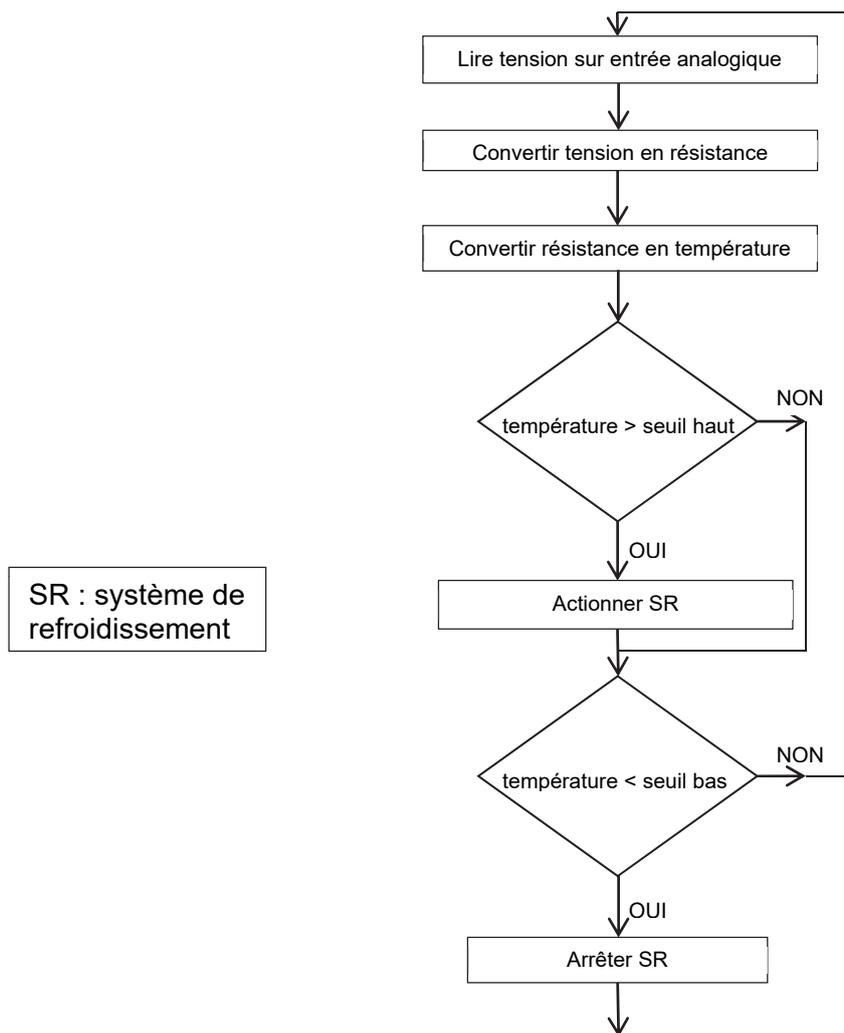
Les recommandations sanitaires précisent de conserver un jus de fruit frais à des températures comprises entre 1 °C et 4 °C.

**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  $\theta$**



**Document 11 : algorithme de régulation**



## 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'algorithme 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.

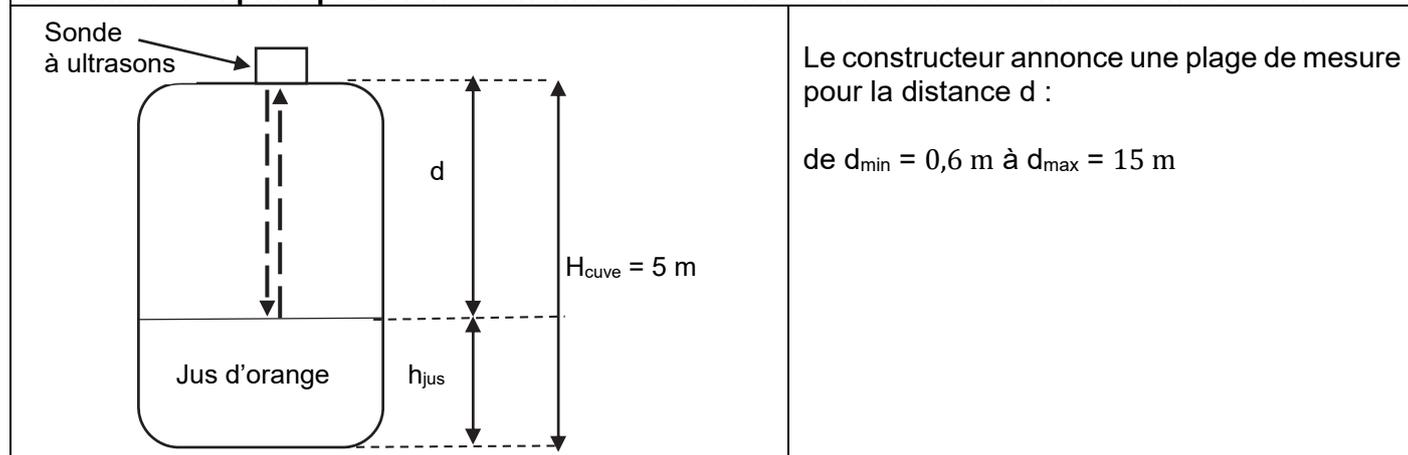
### Partie C : mesure du niveau de jus d'orange dans une cuve (5 points)

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.

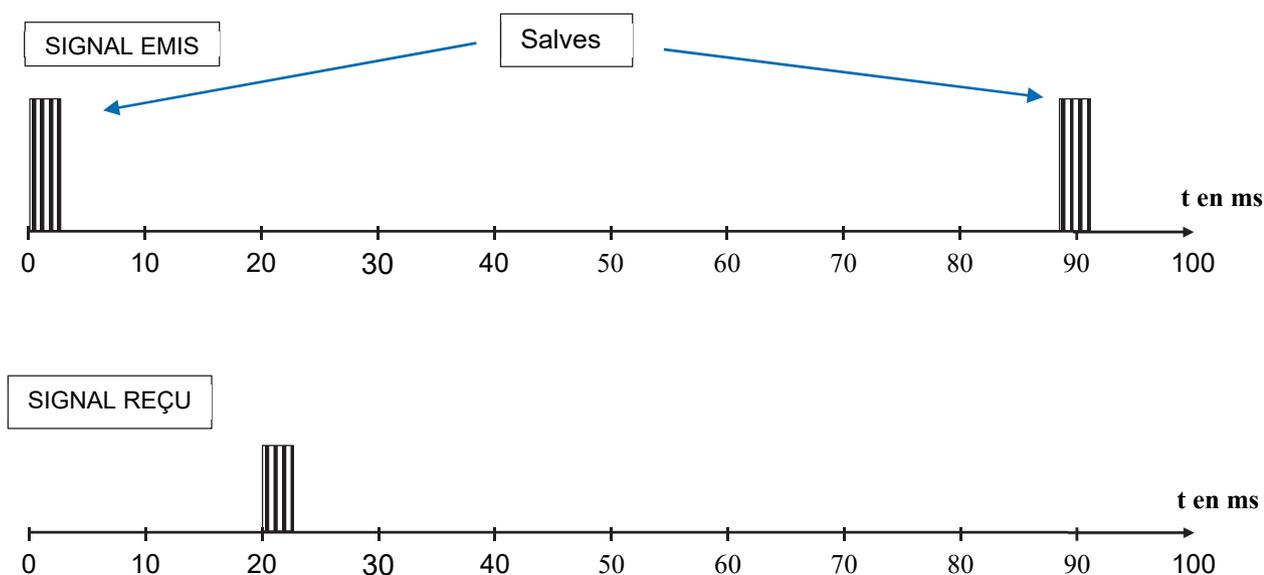
#### Document 13 : principe de fonctionnement de la sonde à ultrasons et données constructeur



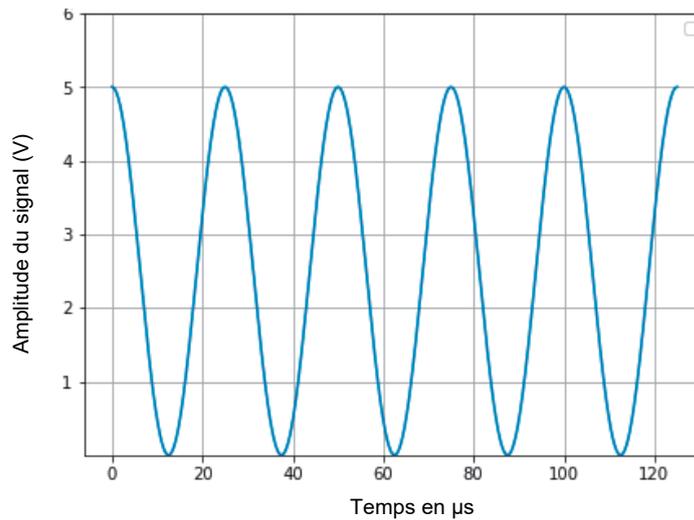
#### Document 14 : allure des signaux émis et reçus par le capteur à ultrasons

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

Chaque salve a une durée de  $\Delta t_2 = 3,5 \text{ ms}$  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  $\Delta t_2$ , 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  $v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- C3.** À l'aide du document 14, déterminer la valeur de la durée  $\Delta t_{\text{AR}}$  d'un aller-retour d'une salve.
- C4.** En déduire la valeur du niveau de jus  $h_{\text{jus}}$  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  $P_{\text{air}} = 1,00 \text{ bar} = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$
- Masse volumique du jus d'orange :  $\rho = 1020 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

- 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  $P = 1,17 \text{ bar}$ , avec une incertitude de 0,01 bar. Calculer la valeur de hauteur de jus  $h_{\text{jus}}$ .

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  $h_{\text{jus}}$  est  $u(h_{\text{jus}}) = 0,10 \text{ m}$ .

**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 :

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

$X_{\text{mes}}$  : valeur mesurée

$X_{\text{ref}}$  : 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.

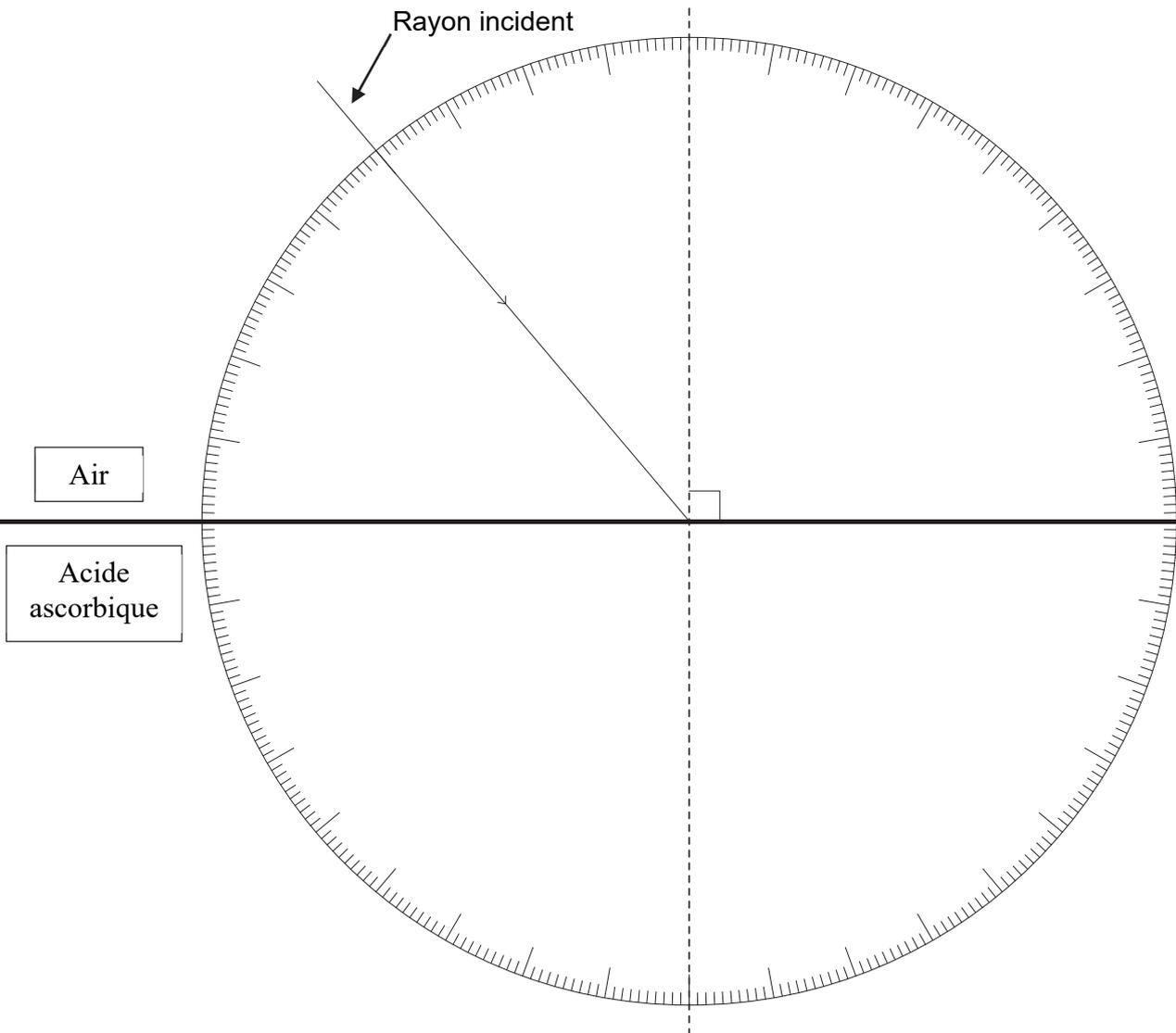
**C7.** Conclure quant à la compatibilité entre la mesure de la question **C6**. et la valeur de référence.

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  $n_{\text{air}} = 1,00$

