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

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 14 pages numérotées de 1/14 à14/14.

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

# Étude des composants d'un vaccin, de son conditionnement et de son transport



*Source : www.bbc.com*

« La vaccination consiste à protéger un individu contre une maladie en stimulant son système immunitaire. »
*Source : Inserm*

Le sujet comporte quatre parties indépendantes.

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**<br>**commune à tous les candidats** | **Étude de la composition chimique d'un vaccin** | • Synthèses chimiques<br>• Mécanismes réactionnels<br>• Acides et bases | **10 points** |
| **Partie A** | **Étude d'un système de remplissage des flacons de vaccin** | • Pompes<br>• Moteur et microcontrôleur | **5 points** |
| **Partie B** | **Contrôle du niveau du liquide dans les flacons de vaccin** | • Ondes mécaniques<br>• Langage Python | **5 points** |
| **Partie C** | **Conservation d'un vaccin pendant son transport** | • Système de régulation<br>• Chaîne de mesure | **5 points** |

## Partie 1 commune à tous les candidats (10 points)

### Étude de la composition chimique d'un vaccin

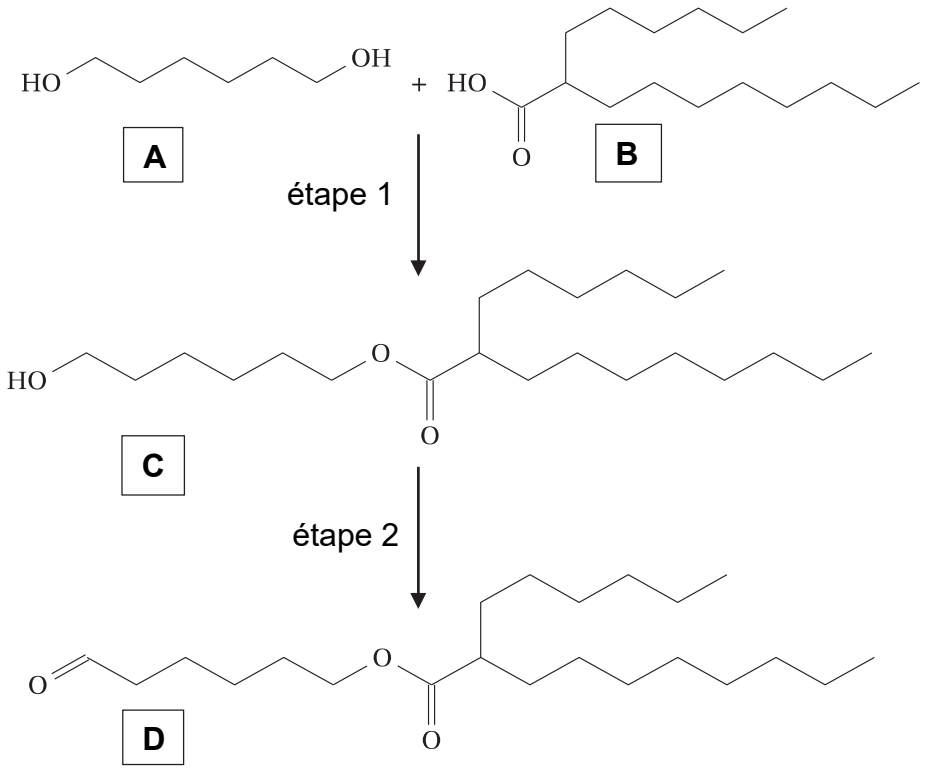
Dans le cadre de la vaccination étudiée, l'organisme apprend à se défendre contre un virus grâce à l'ARN messager qui en constitue le principe actif. D'autres constituants composent le vaccin comme des lipides et des sels.

**Les lipides**

L'ARN est entouré d'une enveloppe à base de lipides, comme par exemple la molécule ALC-0315.

Afin de produire ce lipide, il faut synthétiser dans un premier temps la molécule **D** présentée dans le **document 1**.

**Document 1 : schéma réactionnel de synthèse**




1.1) Les réactifs de l'étape 1 sont l'hexan-1,6-diol et l'acide 2-hexyldécanoïque. Associer sur votre copie ces deux noms aux molécules **A** et **B** du **document 1**.

1.2) Donner le nom de la réaction chimique entre les réactifs **A** et **B** permettant d'obtenir la molécule **C**.

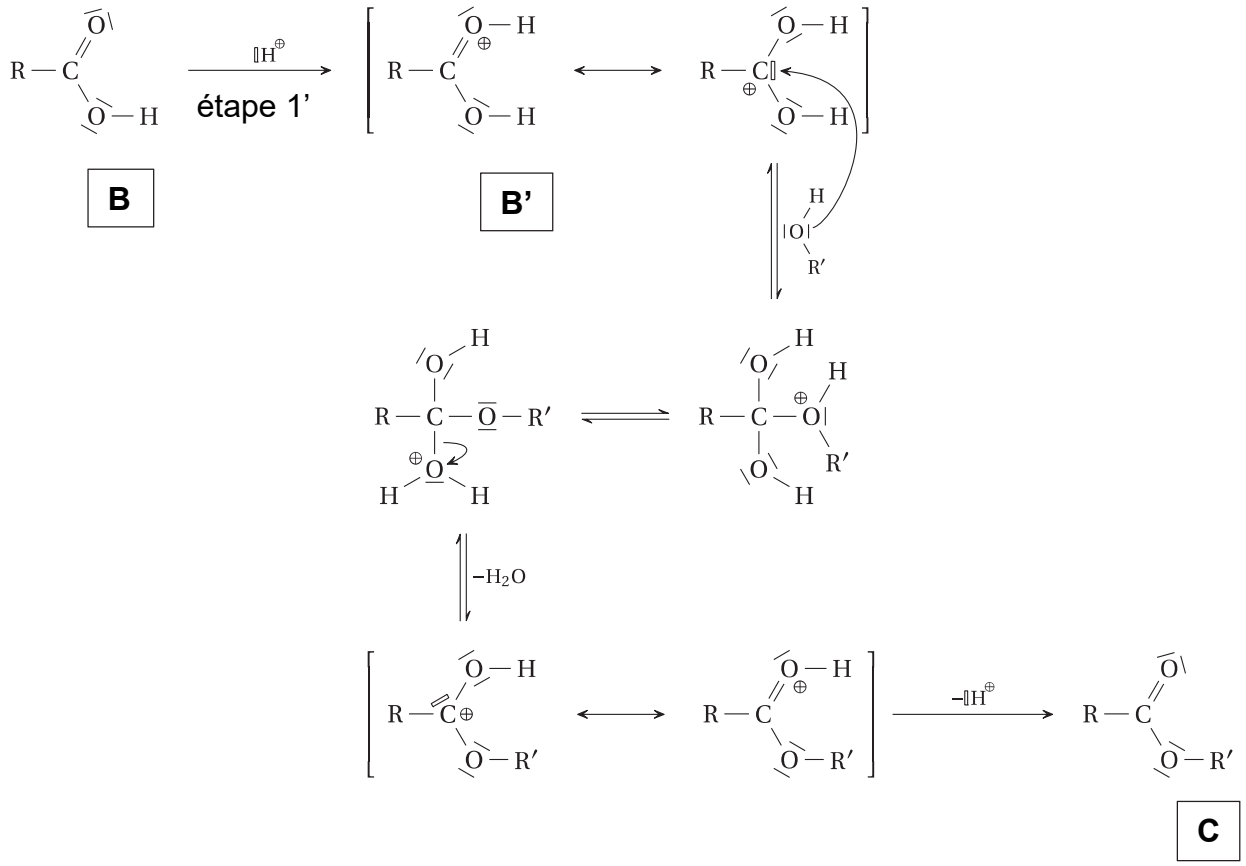
Cette transformation chimique est limitée.

1.3) Proposer une méthode permettant d'améliorer le rendement de la réaction chimique de l'étape 1 présentée dans le **document 1**.

C'est aussi une transformation chimique lente. L'emploi d'un catalyseur est nécessaire afin d'augmenter sa vitesse de réaction.

Pour la suite la molécule **B,** présentée dans le **document 1,** sera notée RCOOH.

**Document 2 : mécanisme réactionnel de l'étape 1**




1.4) À l'aide du **document 2**, identifier le catalyseur. Justifier la réponse.

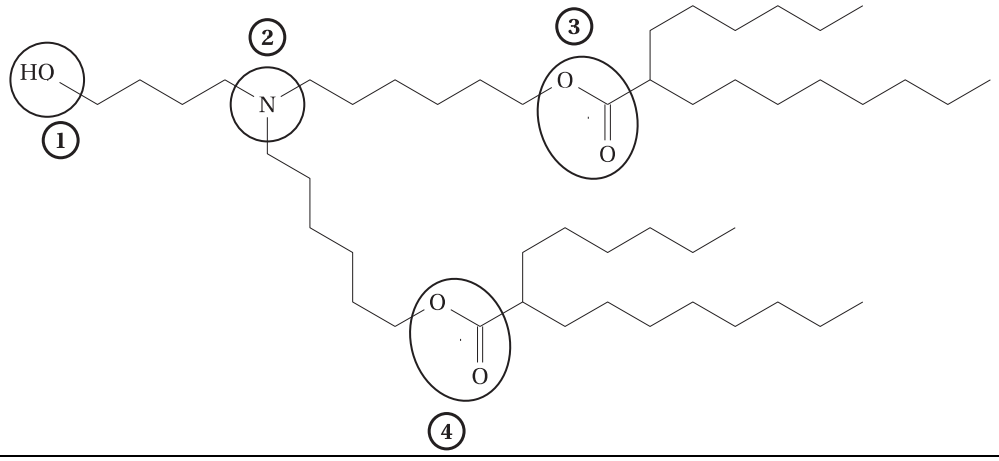
1.5) Après avoir recopié sur la copie l'étape 1' du **document 2**, rajouter la flèche courbe manquante permettant d'obtenir le composé **B'**.

Le produit **C** obtenu est ensuite transformé en molécule **D** lors de l'étape 2 présentée sur le **document 1**.

1.6) Choisir le type de réaction chimique correspondant à l'étape 2 du **document 1** parmi les propositions suivantes : oxydation, réduction, acide-base.

La formule topologique du lipide ALC-0315 entourant l'ARN est présentée dans le **document 3**.

**Document 3 : formule topologique du lipide ALC-0315**



1.7) En utilisant le **document 3**, nommer sur la copie les fonctions chimiques ① à ④ présentées dans la formule topologique du lipide ALC-0315.

En fin de synthèse, une extraction de ce lipide est nécessaire.
Une liste des solvants généralement utilisés pour extraire des lipides est donnée dans le **document 4**.

**Document 4 : solvants envisageables pour l'extraction du lipide ALC-0315**

| Solvants | Pictogrammes |
|---|---|
| n-hexane |  |
| chloroforme |  |
| éther de pétrole 40-65 °C |  |

1.8) Qualifier trois pictogrammes de votre choix apparaissant dans le **document 4**.

**Document 5 : les 12 principes de la chimie verte**




*Source : éditeur scolaire en ligne*

1.9) L'utilisation de ces substances chimiques ne respecte pas certains principes de la chimie verte. À l'aide des **documents 4** et **5**, citer au moins un principe non respecté en argumentant.

## Les sels

Les sels présents dans le vaccin étudié rendent le mélange isotonique ce qui permet une meilleure assimilation du vaccin au niveau des cellules et un maintien du pH du vaccin à une valeur comprise entre 6 et 7. Le mélange joue le rôle de solution tampon.

Quatre sels différents entrent dans la composition du vaccin étudié :

- phosphate dibasique de sodium dihydraté ($Na_2HPO_4$, $2H_2O$) ;
- phosphate monobasique de potassium ($KH_2PO_4$) ;
- chlorure de potassium ($KCl$) ;
- chlorure de sodium ($NaCl$).

Pour la suite, on étudie un vaccin dont la valeur du pH est égale à 6,8.

1.10) Identifier et préciser les formules chimiques brutes de l'acide faible et de la base faible conjuguée mis en jeu dans la solution tampon parmi les ions présents.

Données :

Équations de dissolution des sels :

- $Na_2HPO_4, 2H_2O\ (s) \longrightarrow HPO_4^{2-}\ (aq) + 2Na^+(aq) + 2H_2O(\ell)$
- $KH_2PO_4(s) \longrightarrow H_2PO_4^-(aq) + K^+(aq)$
- $KCl\ (s) \longrightarrow Cl^-(aq) + K^+(aq)$
- $NaCl\ (s) \longrightarrow Cl^-(aq) + Na^+(aq)$

1.11) Écrire l'équation de la réaction qui modélise la dissociation de cet acide faible dans l'eau. Une notation simplifiée de l'acide et de la base conjuguée peut être utilisée.

1.12) Exprimer, en fonction des concentrations des différentes espèces chimiques à l'équilibre chimique, la constante d'acidité de ce couple acide/base. En vous aidant des données ci-dessous préciser s'il s'agit de la constante d'acidité $Ka_1$, $Ka_2$ ou $Ka_3$.

Données (à 25 °C) :

| | |
|---|---|
| $H_3PO_4$ / $H_2PO_4^-$ | $pKa_1 = 2{,}15$ |
| $H_2PO_4^-$ / $HPO_4^{2-}$ | $pKa_2 = 7{,}20$ |
| $HPO_4^{2-}$/$PO_4^{3-}$ | $pKa_3 = 12{,}42$ |

La répartition de l'espèce acide et de sa base conjuguée dans la solution tampon du vaccin est la suivante : 28,6 % pour la base faible et 71,4 % pour l'acide faible conjugué.

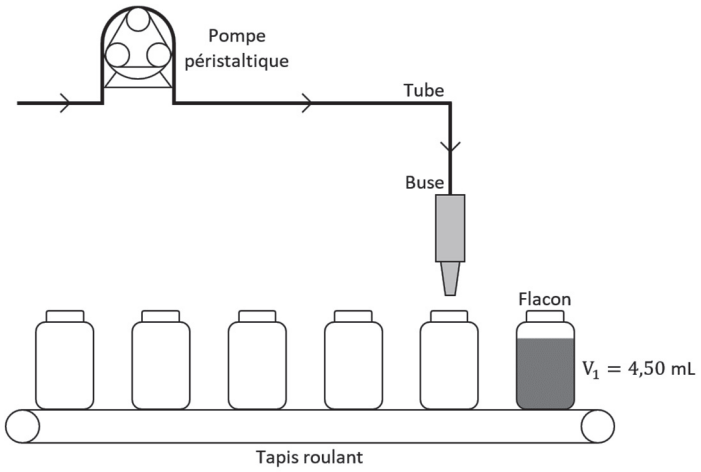
1.13) Après avoir établi la relation d'Henderson-Hasselbalch, vérifier que la valeur du $pH$ de la solution tampon est bien respectée.

**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 : étude d'un système de remplissage des flacons de vaccin (5 points)

Une fois préparé, un vaccin est conditionné dans de petits flacons en verre. Dans cette partie, on se propose d'étudier dans cette partie un système de remplissage automatique des flacons en cours de développement. Ce système est présenté dans le **document 6**.

**Document 6 : schéma de principe du remplissage des flacons**



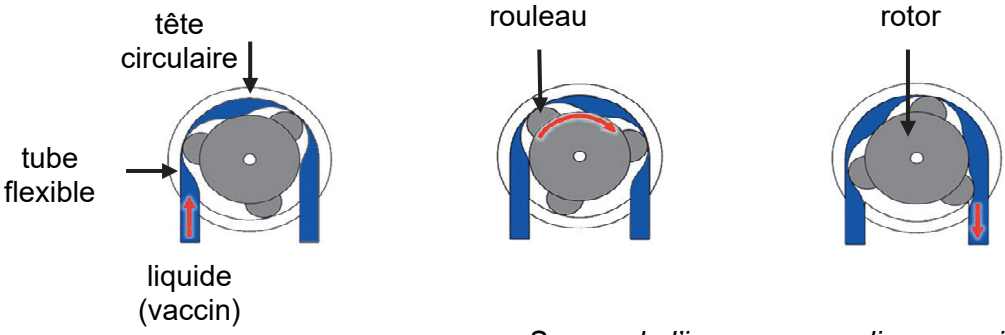

On considère que chaque flacon doit contenir un volume $V_1$ = 4,50 mL de vaccin.

Les flacons défilent sur un tapis roulant pour arriver sous une buse de remplissage.

Le vaccin est introduit dans les flacons à l'aide d'une pompe péristaltique présentée dans le **document 7**.

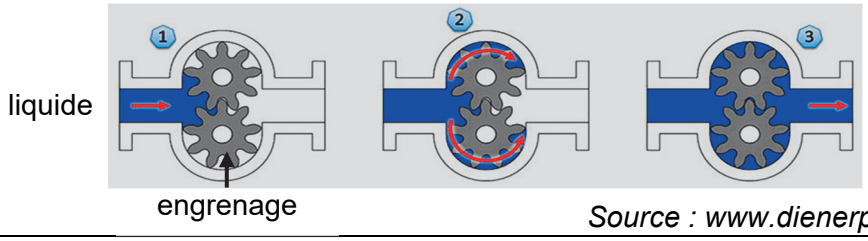
**Document 7 : principe de fonctionnement d'une pompe péristaltique**

Une pompe péristaltique est constituée d'une tête circulaire contenant un tube flexible dans lequel circule le liquide pompé, évitant ainsi le contact du vaccin avec les parties mécaniques de la pompe. Ce tube est déformé par l'action des 3 rouleaux fixés sur le rotor qui le compriment contre la paroi de la tête circulaire de la pompe. La compression exercée par les rouleaux obture le tube et leur rotation entraîne la circulation du liquide.




*Source de l'image : www.dienerprecisionpumps.com*

**Document 8 : schéma de principe de fonctionnement d'une pompe à engrenage externe**




*Source : www.dienerprecisionpumps.com*

A.1) Dans le cadre du conditionnement d'un vaccin, citer un avantage de l'utilisation de la pompe péristaltique présentée dans le **document 7** par rapport à la pompe proposée dans le **document 8**. Justifier cet avantage.

Réglage du rotor :

Le débit en volume de la pompe péristaltique dépend de la vitesse de rotation des rouleaux. Cette dernière est contrôlée avec une grande précision à l'aide d'un moteur qui entraîne le rotor.

A.2) La valeur du volume $V_2$ compris entre deux rouleaux successifs est de 1,50 mL. Calculer le nombre de tours que doit faire le rotor (composé de 3 rouleaux) chaque fois qu'un flacon se présente sous la buse.

Remplissage des flacons :

Le système de remplissage des vaccins fonctionne 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.
Chaque semaine une livraison de 530 000 flacons vides est prévue.
Le temps de remplissage d'un flacon est fixé à 1,15 s.
On fait l'hypothèse que le temps de transfert d'un flacon au suivant sous la buse est négligeable devant la durée de remplissage du flacon.

A.3) Vérifier que la valeur du débit en volume D en $\mathrm{L \cdot h^{-1}}$ du vaccin à la sortie de la buse de remplissage d'un flacon vaut 14,1 $\mathrm{L \cdot h^{-1}}$.

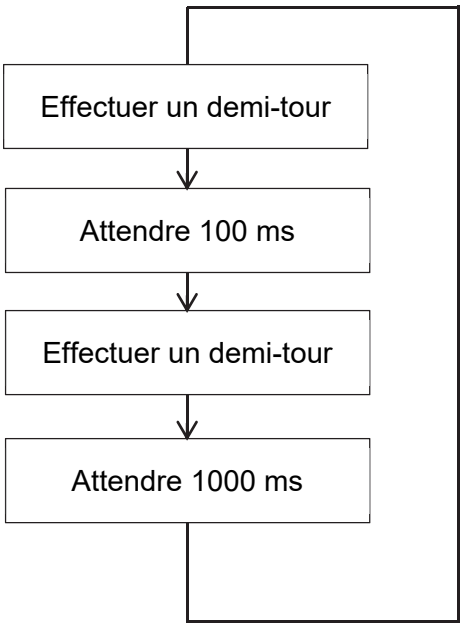
A.4) Vérifier que la quantité de flacons vides livrés est suffisante pour suivre cette cadence de remplissage.

Simulation du fonctionnement du moteur :

Afin de simuler le fonctionnement du moteur qui entraîne le rotor de la pompe, un programme utilisant un moteur pas à pas associé à un microcontrôleur est récupéré dans une base de données déjà créée. Ce programme est élaboré de manière à ce que le rotor enchaîne deux demi-tours espacés d'un bref arrêt, avec un arrêt plus long après un tour complet.
Un extrait du script du programme récupéré et l'algorigramme sont présentés dans le **document 9**.

**Document 9 : algorigramme et programme**

**Algorigramme correspondant**




**Extrait du script du programme choisi pour le microcontrôleur**

```
 1  #define IN1  11
 2  #define IN2  10
 3  #define IN3  9
 4  #define IN4  8
 5  int Steps = 0;
 6  int Direction = 0;
 7  int tour=512;      //512 pas = 1 tour
 8  void setup()
 9  {
10  Serial.begin(9600);
11  pinMode(IN1, OUTPUT);
12  pinMode(IN2, OUTPUT);
13  pinMode(IN3, OUTPUT);
14  pinMode(IN4, OUTPUT);
15  }
16  void loop()
17  {
18  step(tour/2);      // effectue un demi-tour
19  delay(100);        // attente de 100 ms
20  step(tour/2);      // effectue un demi-tour
21  delay(1000);       // attente de 1 s
22  }
23  ...
```

A.5) En analysant le **document 9**, déterminer le nombre de pas effectués par le moteur en un demi-tour.

A.6) Sur la copie, proposer l'algorigramme afin d'obtenir la simulation suivante :
- le rotor effectue des 1/3 de tours correspondant au fonctionnement de la pompe péristaltique ;
- on respecte une attente de 50 ms entre chaque tiers de tour ;
- le rotor marque un temps d'arrêt de 150 ms entre deux tours.

A.7) Sur la copie, modifier l'extrait de programme à partir de la ligne 17 pour réaliser la simulation décrite à la question A.6).

A.8) Après avoir testé ce nouveau programme, les élèves constatent que le rotor ne revient pas exactement à sa position initiale après un tour. Expliquer la cause de ce décalage.

## Partie B : contrôle du niveau du liquide dans les flacons de vaccin (5 points)

Afin de contrôler le remplissage des flacons, on utilise une sonde à ultrasons permettant de détecter le niveau du liquide.

B.1) Donner la nature physique des ondes ultrasonores.

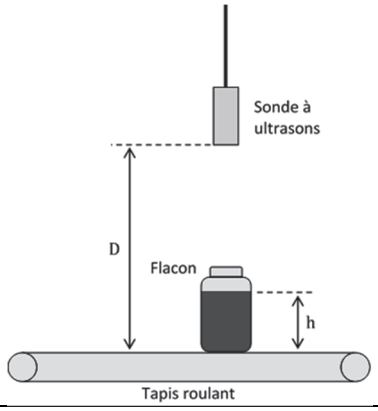
La sonde est à la fois un émetteur et un récepteur. Elle envoie des ondes qui se réfléchissent sur la surface du liquide et reviennent à la source. Le schéma du dispositif est présenté dans le **document 10** et les oscillogrammes du signal émis puis reçu par la sonde sont fournis dans le **document 11**.

**Document 10 : schéma du dispositif de contrôle du niveau du liquide dans les flacons de vaccin avec la sonde à ultrasons**

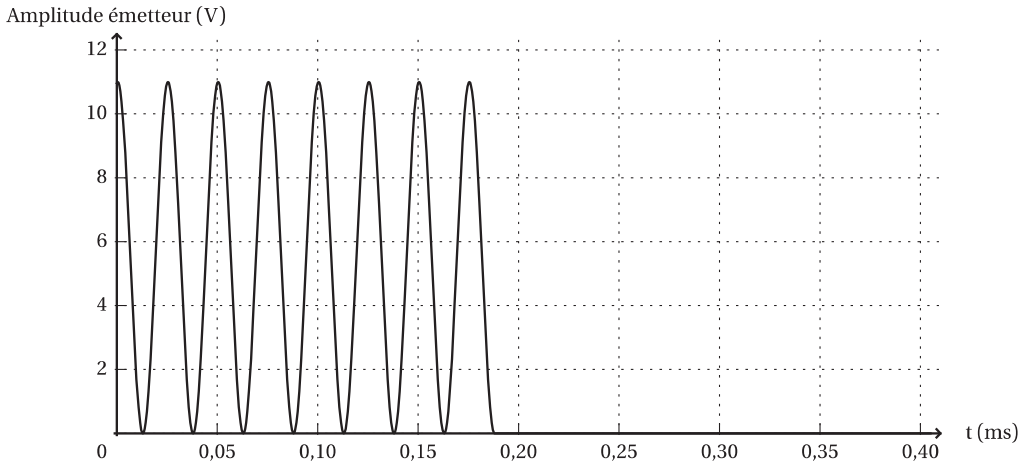
*Attention, les échelles de distance ne sont pas respectées.*

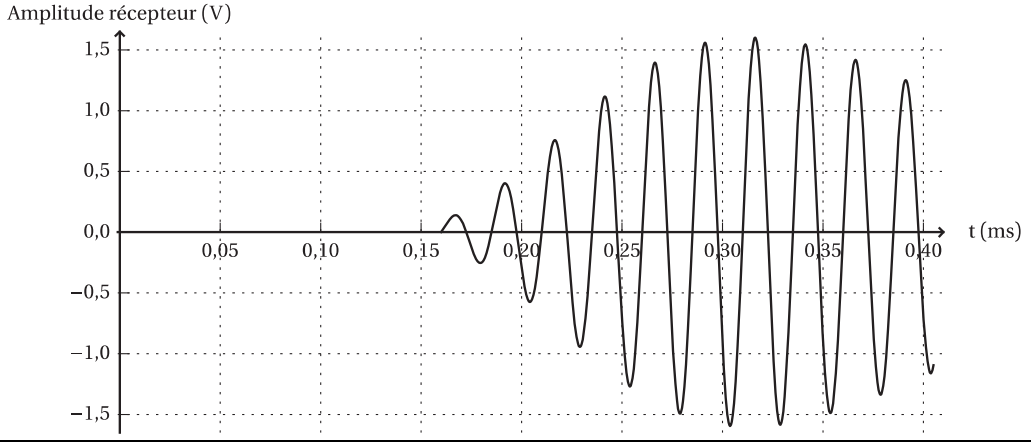
D = 50 mm

h = 24,0 mm




**Document 11 : oscillogrammes d'un signal émis puis reçu par la sonde à ultrasons**



B.2) À l'aide du **document 11**, déterminer la valeur de la fréquence f de la salve des ondes ultrasonores émises par la sonde.

**Document 12 : domaines de fréquences des ondes sonores ou acoustiques**




B.3) À l'aide du **document 12**, justifier l'adjectif « ultrasonore » pour les ondes utilisées dans cette sonde.

B.4) À l'aide des **documents 10** et **11**, vérifier que le niveau du liquide dans les flacons est bien d'une hauteur h égale à 24 mm.

Données :

La température de la salle de conditionnement des flacons est de 0 °C. Ceci permet de conserver le vaccin sans risque de dégradation sur une courte période.

La célérité des ondes ultrasonores dans l'air à 0 °C est $c = 331{,}0\ m{\cdot}s^{-1}$, avec une incertitude-type $u(c) = 0{,}5\ m{\cdot}s^{-1}$.

Pour assurer le bon remplissage du flacon, il est nécessaire de mesurer la hauteur h avec précision. Une simulation est réalisée afin de déterminer l'incertitude u(h) sur la valeur de la hauteur h.

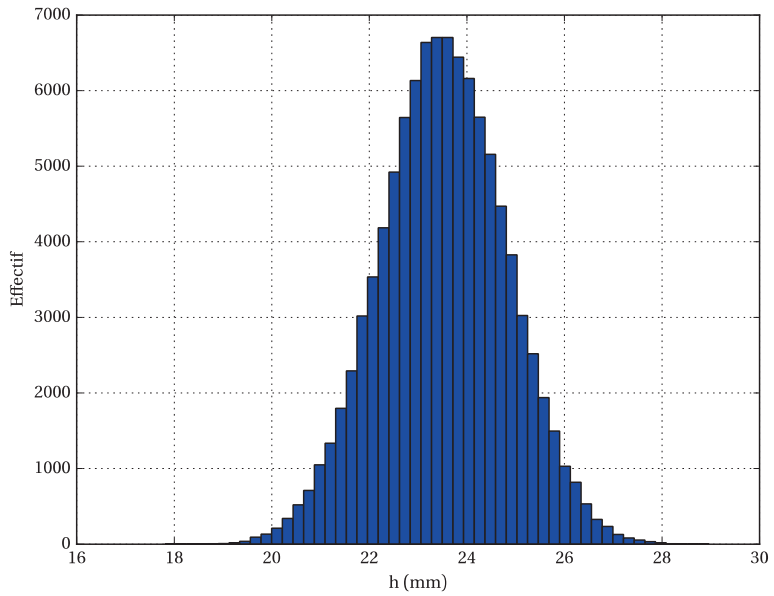
Le **document 13** présente un extrait du script en langage de programmation Python utilisé. Les résultats de la simulation utilisant ce script sont présentés sous forme d'histogramme dans le **document 14**.

**Document 13 : extrait du script en langage de programmation Python pour la simulation réalisée**

```
10 # Renvoie une mesure aléatoire de la distance sonde-tapis D_th
11
12 def D_mes():
13   D   = 50e-3               # Distance, en m
14   u_D = 1e-3                # Incertitude-type sur la distance, en m
15   tirage=np.random.normal() # Tirage aléatoire (loi normale)
16   return D + u_D*tirage
17
18
19 # Renvoie une mesure aléatoire de la durée d'un aller-retour duree_th
20
21 def duree_mes():
22   duree   = 0.16e-3         # Durée, en s
23   u_duree = 0.005e-3        # Incertitude-type sur la durée, en s
24   tirage=np.random.normal() # Tirage aléatoire (loi normale)
25   return duree + u_duree*tirage
26
27
28 # Renvoie une mesure aléatoire de la célérité du son dans l'air c_th
29
30 def c_mes():
31 # À compléter
32
33
34 # Renvoie la mesure de la hauteur de liquide dans le flacon h en mm
35
36 def h():
37   return ( D_mes() - c_mes()*duree_mes()/2 )*1e3
38
```

B.5) Ecrire sur votre copie la fonction `c_mes` à partir de la ligne 30 en utilisant le **document 13**.

**Document 14 : histogramme de la distribution**




Pour 100 000 itérations :

Moyenne des h : 23,5 mm

u(h) : 1,3 mm

**Document 15 : 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.

B.6) À l'aide des résultats de la simulation présentés dans le **document 14**, vérifier avec le critère donné dans le **document 15** que le dispositif de contrôle est satisfaisant.

B.7) Indiquer l'argument fondamental qui permet de justifier l'importance de vérifier la hauteur h.

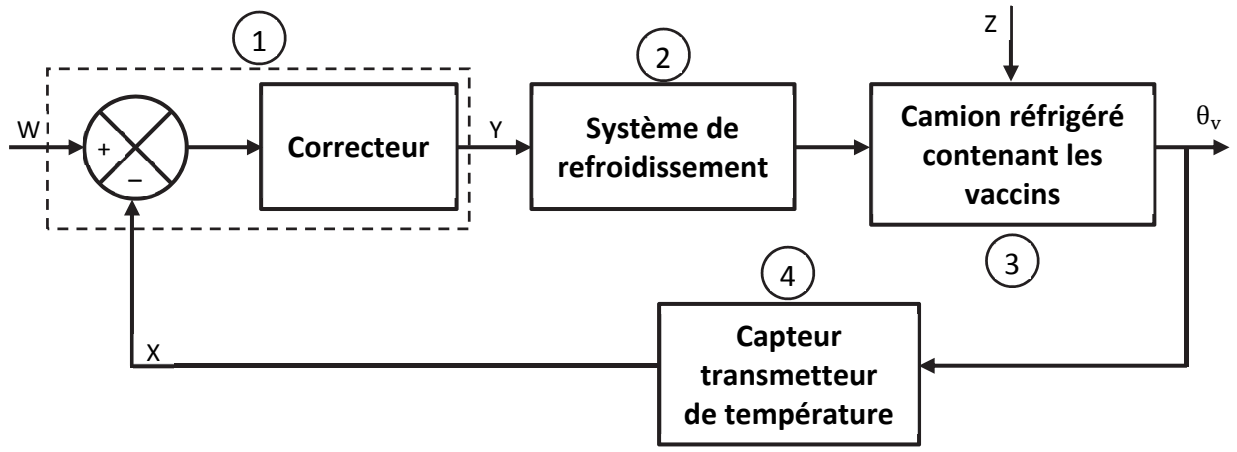
## Partie C : conservation d'un vaccin pendant son transport (5 points)

Certains vaccins sont des produits thermosensibles qui nécessitent des précautions de stockage. Ainsi pour conserver ces vaccins sur le long terme durant le transport et dans les centres de distribution, la température doit être maintenue entre – 25 °C et – 15 °C.

Durant le transport dans les camions, un cahier des charges impose une valeur de consigne égale à – 20 °C et avec des variations inférieures à 0,5 °C. Une boucle de régulation de température à action continue est alors mise en place et est schématisée sur le **document 16**.

### Étude de la boucle de régulation

**Document 16 : schéma fonctionnel de la boucle de régulation de la température de conservation d'un vaccin**




$\theta_v$ : température mesurée dans le camion réfrigéré

C.1) Donner le principal avantage de l'utilisation de la régulation à action continue par rapport à une régulation à action discontinue (Tout Ou Rien, T.O.R.).

C.2) Sur la copie, nommer la fonction de chaque élément constitutif de la boucle de régulation (① à ④).

C.3) Préciser sur votre copie pour chaque grandeur X, Y, W et Z s'il s'agit du signal de commande, de la mesure, de la consigne ou des perturbations.

C.4) Donner la valeur de consigne, le nom de la grandeur réglée et citer un phénomène perturbateur pour ce dispositif de transport réfrigérant des vaccins.

### Étude de la chaîne de mesure de température

Le régulateur étant numérique, l'objectif est de délivrer un signal numérique image de la valeur de la température mesurée.
Dans la chaîne de mesure, le capteur est une sonde Pt100 associée à un transmetteur de signal lui-même suivi d'un Convertisseur Analogique-Numérique noté CAN.
L'ensemble capteur-transmetteur de température est tel que :

- lorsque la valeur de la température mesurée est de – 15 °C, la tension de sortie est de 5 V ;
- lorsque la valeur de la température mesurée est de – 25 °C, la tension de sortie est de 1 V.

Le CAN, dont quelques caractéristiques sont présentées dans le **document 17**, est un convertisseur n = 8 bits, avec une tension d'entrée comprise entre 1 V et 5 V.

**Document 17 : quelques caractéristiques d'un CAN**

La tension pleine échelle : c'est la différence entre la plus grande tension et la plus petite tension que la CAN peut convertir en une valeur numérique (écart entre les deux valeurs extrêmes de tensions convertibles)

$$\Delta U = U_{max} - U_{min}$$

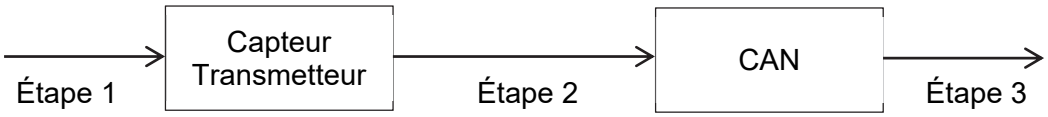
Le « pas de quantification » ou sa « résolution » appelé aussi « quantum », noté q est la plus petite tension convertible, il correspond à la variation minimale de la tension d'entrée qui augmente ou diminue d'une unité la valeur du nombre de sortie.

Il est défini par la relation :

$$q = \frac{\Delta U}{2^n - 1}$$

C.5) Calculer le nombre de valeurs possibles en sortie du CAN.

C.6) Pour chaque étape figurant sur le schéma ci-dessous, associer sur la copie les étapes mise en jeu (1, 2 et 3) aux valeurs extrêmes (a, b et c) listées ci-après.




(a) Valeurs extrêmes de la tension : tensions de 1 V à 5 V
(b) Valeurs extrêmes de la température : températures de – 25 °C à – 15 °C
(c) Nombre de valeurs possibles : nombre de 0 à 255

C.7) À l'aide du **document 17**, calculer le quantum q du CAN.

C.8) Tracer sans souci d'échelle la caractéristique $U = f(\theta_v)$ de l'ensemble capteur-conditionneur.

C.9) Indiquer si cette chaine de mesure répond au cahier des charges. Justifier.

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.