

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.

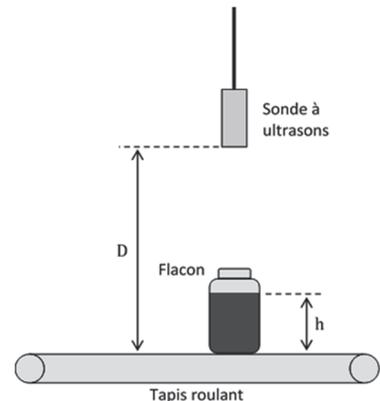
La sonde est à la fois un émetteur et un récepteur. Elle envoie des ondes qui se réfléchissent sur la surface du liquide et reviennent à la source. Le schéma du dispositif est présenté dans le **document 10** et les oscillogrammes du signal émis puis reçu par la sonde sont fournis dans le **document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

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

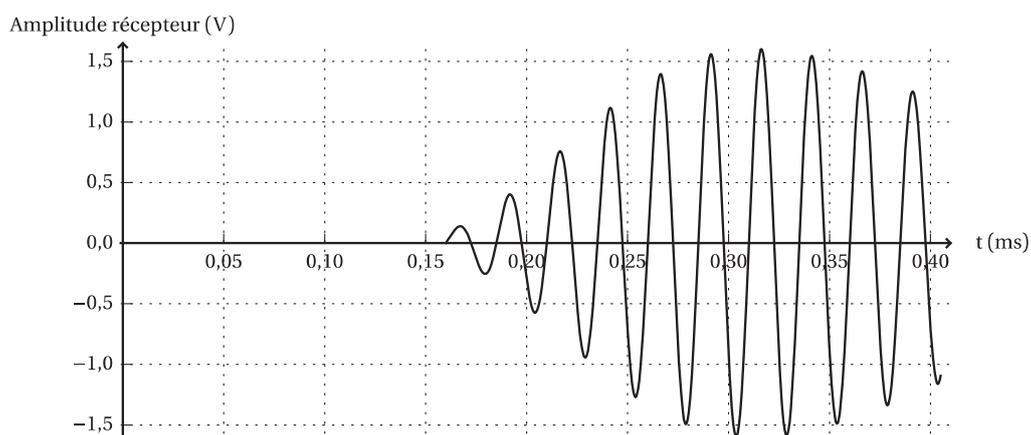
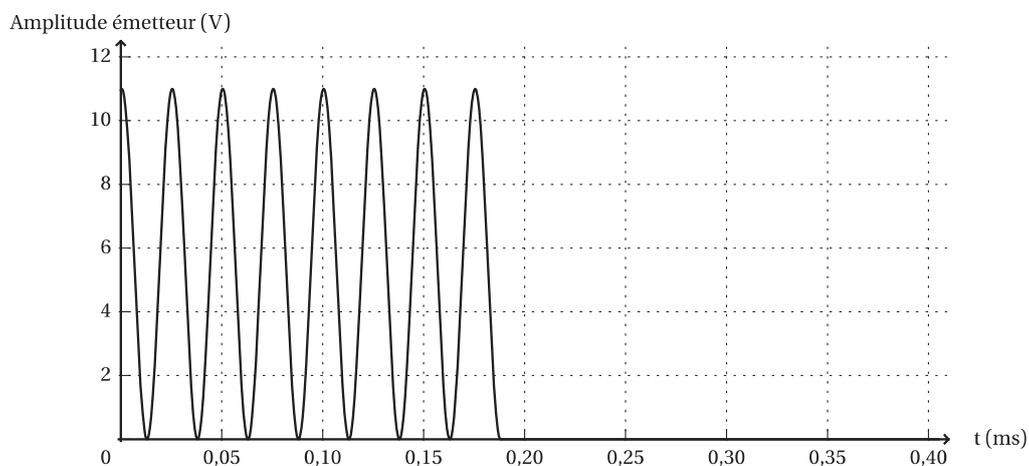
Attention, les échelles de distance ne sont pas respectées.

$$D = 50 \text{ mm}$$

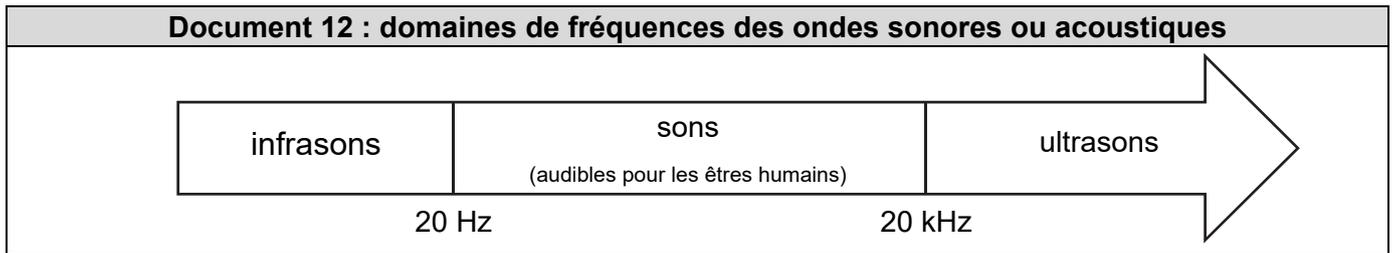
$$h = 24,0 \text{ mm}$$



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.



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 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ceci permet de conserver le vaccin sans risque de dégradation sur une courte période.

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

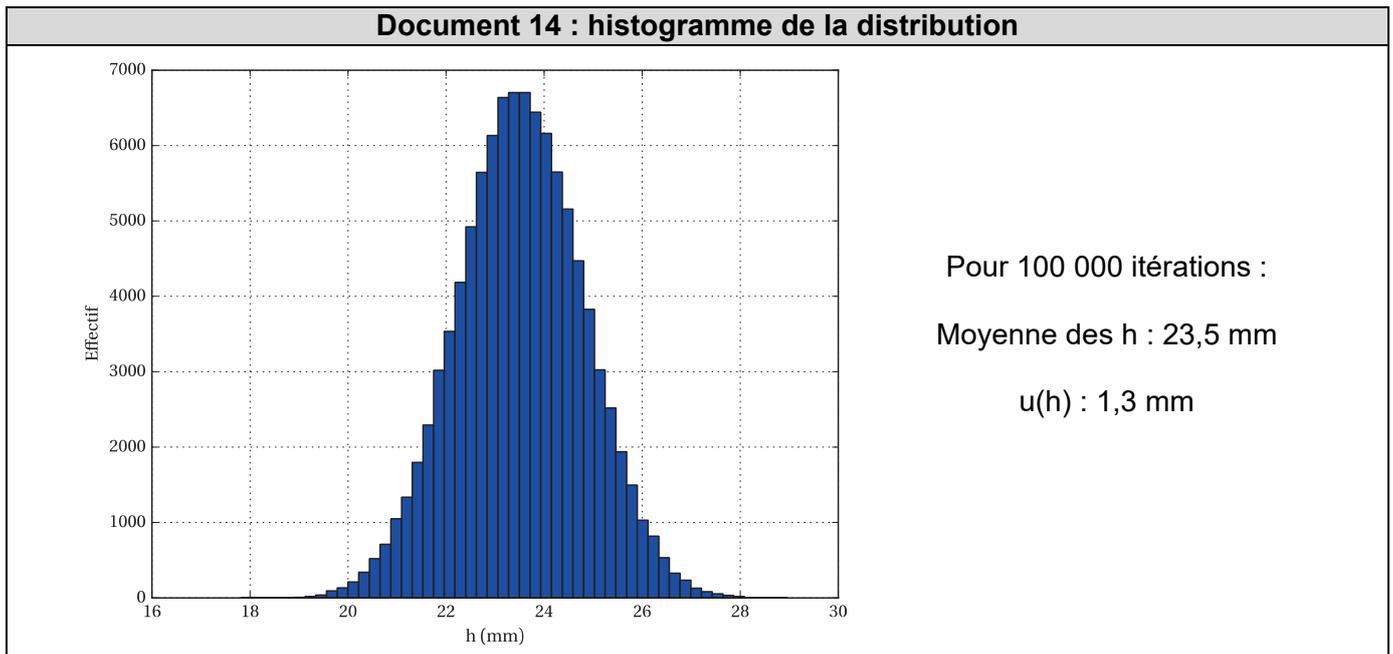
Pour assurer le bon remplissage du flacon, il est nécessaire de mesurer la hauteur h avec précision. Une simulation est réalisée afin de déterminer l'incertitude $u(h)$ sur la valeur de la hauteur h .

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 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.