

**CALCULATRICE AUTORISEE****Durée : 3h30min****(Tiers-temps : 4h40min)****Les portables seront éteints et placés dans le sac (ou cartable).****Le sac sera déposé aux extrémités de la salle****Tout échange de matériel est interdit****Cette feuille A3 servira de brouillon****Rappel :****Vous ne devez traiter que 3 exercices parmi les 4.****CONTENU :**

	<b><u>Titre de l'exercice</u></b>	<b>Points</b>	<b>Enoncé pages</b>	<b>Annexe à rendre page</b>
<b>I</b>	<b>Les emballages alimentaires</b>	<b>7,5</b>	<b>2-3</b>	<b>10-11</b>
<b>II</b>	<b>Objectif Lune – La reconquête</b>	<b>7,5</b>	<b>4-5</b>	<b>12</b>
<b>III</b>	<b><u>Non-spécialistes seulement</u> : L'échographie médicale</b>	<b>5</b>	<b>6-7</b>	
<b>IV</b>	<b><u>Spécialistes seulement</u> : Etude d'un instrument à vent</b>	<b>5</b>	<b>8-9</b>	

## I. Les emballages alimentaires (7,5 points)

LES PARTIES DE CET EXERCICE SONT INDEPENDANTES.

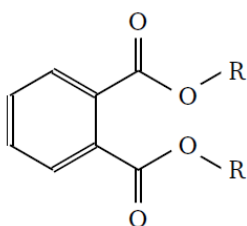
### PARTIE I : Les molécules

- Compléter le tableau fourni en annexe sur la feuille réponse page 10

### PARTIE II : Les phtalates et emballages alimentaires



#### Document 1 – Les phtalates.



Pour assouplir les matières plastiques et les mettre en forme, les industriels leur ajoutent des plastifiants, comme les phtalates (formule générale ci-contre).

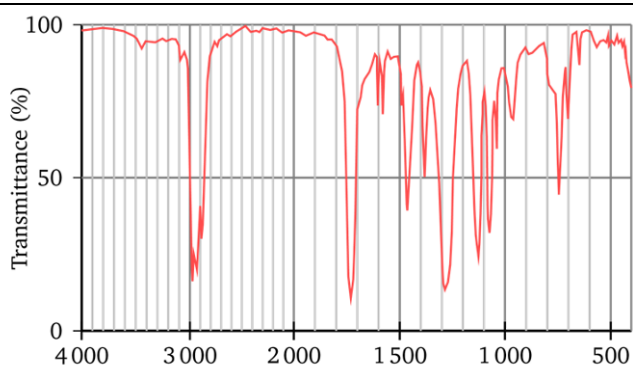
Dans cette formule générale, les groupements R sont deux chaînes hydrogencarbonées identiques. Le cycle à six atomes de carbone et trois liaisons doubles est appelé cycle aromatique.

#### Document 2 – Les emballages alimentaires.

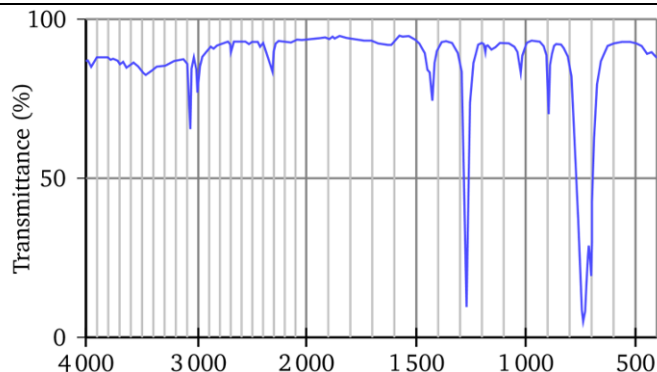
Les industriels de l'emballage alimentaire ont limité l'utilisation des phtalates dans la composition des plastiques : la teneur en phtalates ne doit pas dépasser 0,1 % en masse.

Toutefois, certains industriels continuent à utiliser ce plastifiant peu coûteux et très efficace. Des contrôles quantitatifs peuvent être effectués par spectroscopie infrarouge. Cette méthode nécessite d'effectuer une gamme d'étalonnage à partir du produit commercial.

#### Document 3 – Analyse par spectroscopie infrarouge



Spectre IR du diisononyl phtalate (DINP), un plastifiant utilisé pour la confection des emballages alimentaires



Spectre IR du dichlorométhane

Document 4

Liaison	Nombre d'ondes $\sigma$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité	Liaison	Nombre d'ondes $\sigma$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité
O-H <sub>libre</sub>	3580-3650	F; fine	C=O <sub>ester</sub>	1700-1740	F
O-H <sub>lié</sub>	3200-3400	F; large	C=O <sub>aldéh. cétone</sub>	1650-1730	F
N-H	3100-3500	M	C=O <sub>acide</sub>	1680-1710	F
C <sub>tri</sub> -H	3000-3100	M	C=C	1625-1685	M
C <sub>tri</sub> -H <sub>aromat.</sub>	3030-3080	M	C=C <sub>aromat.</sub>	1450-1600	M
C <sub>tét</sub> -H	2800-3000	F	C <sub>tét</sub> -H	1415-1470	F
C <sub>tri</sub> -H <sub>aldéhyde</sub>	2750-2900	M	C <sub>tét</sub> -O	1050-1450	F
O-H <sub>acide carb.</sub>	2500-3200	F; large	C <sub>tét</sub> -C <sub>tét</sub>	1000-1250	F

1. Sur la représentation topologique de la formule générale des phtalates proposée sur la figure 1 de **la feuille réponse page 10**, à rendre avec la copie, entourer les groupes caractéristiques.

2. Le diisononyle phtalate (DINP) est un plastifiant très utilisé pour la confection des emballages alimentaires. À l'aide du spectre du DINP donné dans le document 3 **page 2** et du document 4 **page 3** et du document fourni en annexe **sur la feuille réponse page 10**, répondre aux questions suivantes :

- 2.1. Donner la formule brute de la molécule document 1 **page 2** sachant que R désigne le radical C<sub>9</sub>H<sub>19</sub>.
- 2.2. Quel type de liaison du DINP est à l'origine de la bande d'absorption à 1 740 cm<sup>-1</sup> ?
- 2.3. Interpréter la présence de la bande d'absorption située vers 2 900 -3 000 cm<sup>-1</sup> et 1 550-1 600 cm<sup>-1</sup> ?

3. Spectre du diéthyl-téréphtalate. (Document **sur la feuille réponse page 10**)

• Pour déterminer la structure d'une molécule de type Phtalate, on utilise la méthode de spectrographie RMN.

- 3.1. Sur le document **de la feuille réponse page 10**, entourer les groupes de protons équivalents (utiliser des couleurs) correspondant au quadruplet et au triplet du spectre RMN. Justifier votre réponse.
- 3.2. Expliquer pourquoi le déplacement chimique du quadruplet est plus important que celui du triplet.

4. La méthode quantitative par infrarouge utilise la loi de Beer-Lambert, appliquée à la spectroscopie IR.

Pour déterminer le pourcentage en masse de phtalate dans l'emballage on utilise une méthode par étalonnage.

Le mode opératoire est le suivant :

Le diisononyle phtalate (DINP) commercial est dissous dans du dichlorométhane CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> et analysé par spectroscopie infrarouge. L'absorbance a été mesurée pour une bande d'absorption du se situant à 1740 cm<sup>-1</sup>. La droite d'étalonnage est obtenue en partant d'une solution S<sub>0</sub> de concentration 10,0 mg/L. Pour chacune des solutions diluées on mesure l'absorbance les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Solution	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
Concentration (mg/L)	0,500	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
Absorbance	0,0530	0,106	0,160	0,212	0,266	0,319

4.1. Le matériel mis à disposition pour réaliser la solution S<sub>2</sub> est le suivant :

- béchers 50 mL, 100 mL, 250 mL ;
- pipettes jaugées 5,0 mL, 10,0 mL, 20,0 mL ;
- éprouvettes graduées 10 mL, 20 mL, 100 mL ;
- fioles jaugées 100,0 mL, 250,0 mL, 500,0 mL.

Choisir, sans indiquer la justification sur votre copie, le matériel nécessaire pour préparer cette solution S<sub>2</sub> de concentration 1,00 mg/L à partir de S<sub>0</sub> ;

- 4.2. Expliquer le choix du nombre d'onde pour l'étalonnage (voir document 3 page 2).
- 4.3. Sachant que le nombre d'onde est l'inverse de la longueur d'onde, montrer que le nombre d'onde  $\sigma = 1740 \text{ cm}^{-1}$  correspond à une radiation dans l'infrarouge.
- 4.4. Le phtalate est dilué dans un solvant dont les bandes d'absorption ne doivent pas modifier les résultats de l'analyse. À l'aide du tableau fourni et du spectre du dichlorométhane, justifier le choix du solvant.
5. Un prélèvement de 100 mg est effectué sur un emballage alimentaire. Il est dissous dans 100 mL de dichlorométhane. L'analyse par spectroscopie infrarouge donne, pour la bande à  $1740 \text{ cm}^{-1}$ , une absorbance de 0,223.
- 5.1. Tracer sur le papier millimétré fourni sur la feuille réponse page 11. Montrer que la loi de Beer Lambert est bien applicable ?
- 5.2. En déduire la concentration en phtalate dans l'échantillon analysé ?
- 5.3. Quel est le pourcentage en masse de phtalate dans l'emballage ?
6. L'échantillon peut-il être mis sur le marché ? Justifier votre réponse.

## II. Objectif Lune – La reconquête (7,5 points)

- La Chine a lancé samedi 8 décembre 2018 un module d'exploration qui s'est posé le 3 janvier 2019 sur la face cachée de la Lune.
- Le véhicule baptisé Chang'e - 4 (du nom de la déesse de la Lune dans la mythologie chinoise) a été lancé par une fusée **Longue Marche 3B** depuis le centre de lancement Xichang.
- Caractéristiques de la fusée **Longue Marche 3B** au décollage : hauteur :  $H = 54,80 \text{ m}$  ;  
masse :  $M = 4,26 \times 10^5 \text{ kg}$



**Les 4 parties de l'exercice sont indépendantes les unes des autres.**

### 1. Phase de décollage

- On considère que la force de poussée dans la première seconde du décollage vaut  $F = 6,8 \text{ MN}$  et que la masse  $M$  de la fusée est constante pendant cette durée.

➤ Donnée :  $g_T = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$  sur la Terre

- 1.1. Quel référentiel va-t-on choisir pour étudier le décollage ?
- 1.2. Sur le schéma sur la feuille réponse page 12, représenter les forces qui agissent sur la fusée pendant cette phase de décollage (on néglige les frottements à l'air ainsi que la poussée d'Archimède).  
Echelle de représentation des forces : 1 cm pour 2 MN
- 1.3. Dans le référentiel choisi, déterminer par le calcul la valeur de l'accélération  $a$  de la fusée.
- 1.4. Représenter le vecteur accélération sur la feuille réponse page 12, sans souci d'échelle.

### 2. Le voyage Terre-Lune

- Dans l'espace Terre-Lune le mouvement de la fusée est rectiligne et uniforme. Sa vitesse est alors de  $V = 1,1 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$

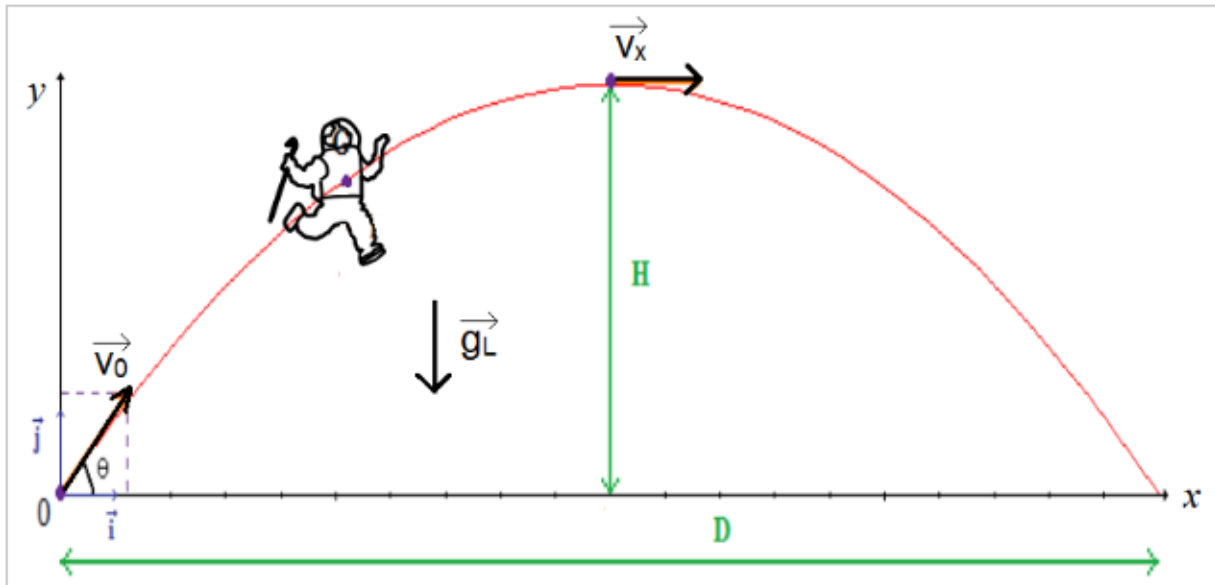
- 2.1. Quelle est la valeur de la somme des forces extérieures agissant sur la fusée. Justifier votre réponse.

### 3. Sur la Lune ... Les touristes de l'espace

- Considérons que le vol est habité par deux personnages bien connus. Les Dupond et Dupont sortent du véhicule, équipés d'une combinaison qui leur permettra de respirer.
- Tout joyeux, ils réalisent quelques bonds et remarquent que leurs mouvements sont plus faciles que sur la Terre malgré leur équipement.



- L'atmosphère de la Lune est extrêmement ténue et même insignifiante en comparaison de celle de la Terre. En pratique, la Lune peut être considérée comme entourée par le vide.
- Pour justifier leur voyage, ils font une expérience : ils se mettent à courir puis sautent à la vitesse  $v_0 = 4,0 \text{ m.s}^{-1}$  sous un angle  $\theta = 40^\circ$
- Le schéma ci-dessous montre la trajectoire du centre d'inertie G d'un personnage dans le référentiel lié au sol lunaire.



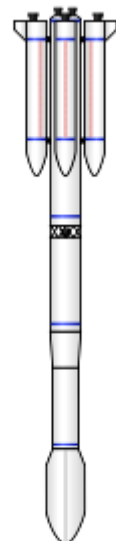
- A  $t = 0$ , le centre d'inertie G se trouve à l'origine du repère.
- **Donnée** : intensité de la pesanteur sur la Lune  $g_L = 1,6 \text{ m.s}^{-2}$
- 3.1. Pourquoi peut-on dire qu'il s'agit d'un mouvement de chute libre ?
- 3.2. A partir de la deuxième loi de Newton, donner les composantes du vecteur accélération  $\vec{a}$ .
- 3.3. En déduire les équations horaires suivantes. Toutes les étapes du raisonnement sont exigées.

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \times \cos(\theta) \\ v_y = -g_L \times t + v_0 \times \sin(\theta) \end{cases} \text{ et } \overline{OG} \begin{cases} x = v_0 \times \cos(\theta) \times t \\ y = -\frac{1}{2} \times g_L \times t^2 + v_0 \times \sin(\theta) \times t \end{cases}$$

- 3.4. Parmi les 4 courbes de **la feuille réponse page 12**, attribuer la courbe correspondant à l'équation horaire  $v_y = f(t)$ . Justifier votre réponse. Sur toutes les courbes, les 2 axes se coupent en leur origine (0 ; 0). Aucune valeur n'est donnée en ordonnées.
- 3.5. Déterminer la hauteur H du saut effectué. Détailler la recherche.

#### 4. Le retour

- La fusée amorce le voyage retour vers la Terre
- On considère le système {fusée + gaz éjectés} qui est isolé. A partir d'une position immobile, les moteurs sont mis en route. Ils éjectent vers l'arrière une masse  $m = 4,0 \times 10^3 \text{ kg}$  de gaz à la vitesse  $v = 20 \text{ km.s}^{-1}$ .  
La masse  $M'$  de la fusée après éjection des gaz vaut  $M' = 4,0 \times 10^5 \text{ kg}$
- 4.1. Donner la valeur de la quantité de mouvement du système, avant la mise en mouvement
- 4.2. Après éjection des gaz, quelle est la relation entre le vecteur quantité de mouvement de la fusée  $\vec{p}_{\text{fusée}}$  et le vecteur quantité de mouvement  $\vec{p}_{\text{gaz}}$  des gaz éjectés ? Justifier votre réponse.
- 4.3. Déterminer la vitesse V atteinte par la fusée.



### III. **Non spécialistes seulement : L'échographie médicale (5 points)**

- L'échographie est une technique très utilisée en médecine pour le diagnostic mais aussi pour la thérapie. L'objectif de cet exercice est de comprendre le principe de l'échographie médicale et d'étudier une application : l'analyse d'un calcul rénal.

#### **Document 1 : Principe de l'échographie**

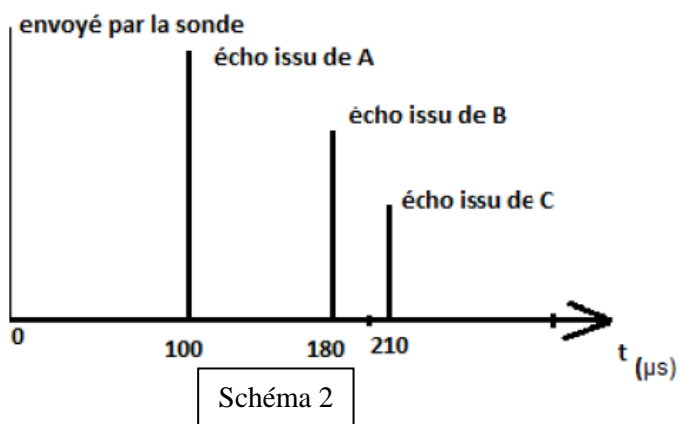
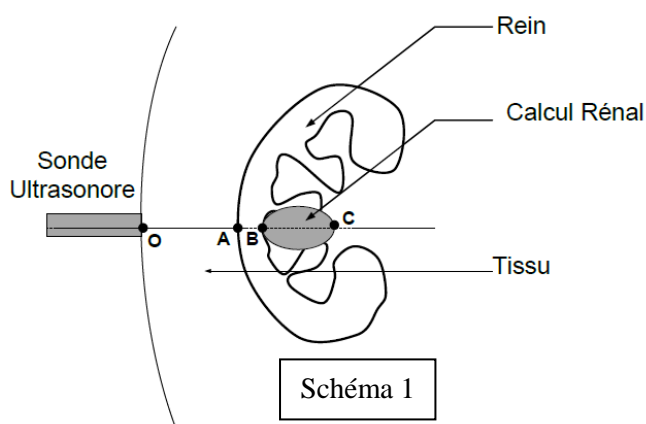
- Lors d'une échographie, on place une sonde au contact de la peau du patient. La sonde joue le rôle d'émetteur et de récepteur d'ultrasons. Les fréquences utilisées dépendent des organes ou tissus biologiques à examiner. Elles s'étendent de 2 MHz à 15 MHz. Les ondes ultrasonores se propagent dans les tissus et se réfléchissent, en partie, chaque fois qu'elles changent de milieu.
- L'analyse de la durée de l'aller-retour de l'onde entre la sonde et la zone réfléchissante, la comparaison de l'intensité du signal émis et celle du signal reçu après réflexion permet d'obtenir une image.
- L'échographie est un examen qui permet d'affiner et de compléter les diagnostics dans de nombreux domaines de la médecine. Elle est aussi très utilisée en complément des rayons X.

#### **1. Généralités sur les ultrasons**

- 1.1. À partir de quelle fréquence, une onde sonore appartient au domaine des ultrasons ?
- 1.2. Les ultrasons et les rayons X sont des ondes de nature différente. Citer deux caractéristiques qui les différencient.

#### **2. Analyse d'un calcul rénal par échographie**

- Une onde ultrasonore incidente de fréquence  $f = 3,5$  MHz est émise à l'instant  $t = 0$  s au point O.
- Ci-dessous, le schéma de la situation (schéma 1) et l'enregistrement des échos renvoyés par les surfaces de séparation des différents milieux : sur le rein en A, sur le calcul rénal en B puis en C (schéma 2).



- On suppose que dans le tissu, le rein ou le calcul, la vitesse de l'onde ultrasonore est indépendante de la fréquence.
- La vitesse de propagation des ultrasons est :
  - Dans le tissu :  $v_{\text{tissu}} = 1\,400$  m.s<sup>-1</sup>
  - Dans le rein :  $v_{\text{rein}} = 1\,500$  m.s<sup>-1</sup>
  - Dans le calcul rénal :  $v_{\text{calcul}} = 1\,540$  m.s<sup>-1</sup>
- Incertitude sur la vitesse de propagation des ultrasons dans les milieux matériels considérés :  $\pm 1$  m.s<sup>-1</sup>
- Incertitude sur la mesure de la durée  $\Delta t$  :  $\pm 1$  µs

2.1. A quelle distance OA de la surface de la peau est située la surface du rein ?

- L'incertitude relative  $\left(\frac{U(OA)}{OA}\right)$  dans les conditions de l'expérience, est donnée par la relation :

$$\left(\frac{U(OA)}{OA}\right)^2 = \left(\frac{U(v)}{v}\right)^2 + \left(\frac{U(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2.$$

2.2. Donner un encadrement de la distance OA entre la surface de la peau et la surface du rein.

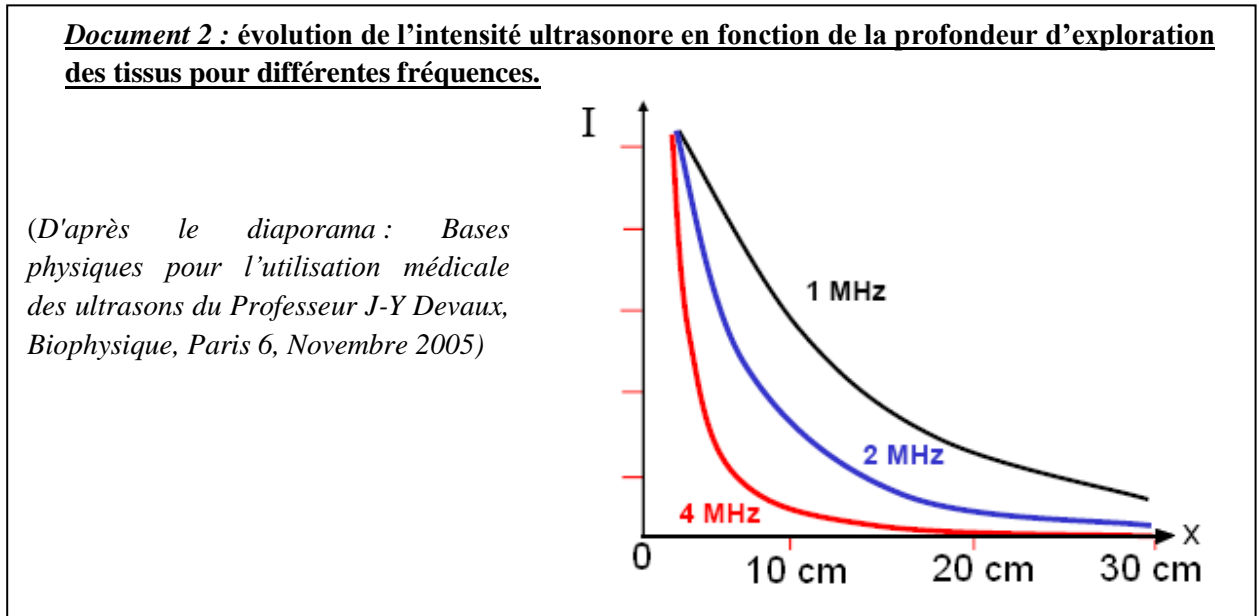
- La résolution spatiale est une mesure de la finesse des détails d'une image pour une dimension donnée. Elle est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde.

2.3. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  des ultrasons dans le rein pour une fréquence  $f = 3,5$  MHz.

- Les ondes émises par la sonde ont un niveau d'intensité ultrasonore  $L_1 = 100$  dB.

➤ Donnée :  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

2.4. Que vaut l'intensité  $I_1$  correspondante en  $\text{W.m}^{-2}$  ?

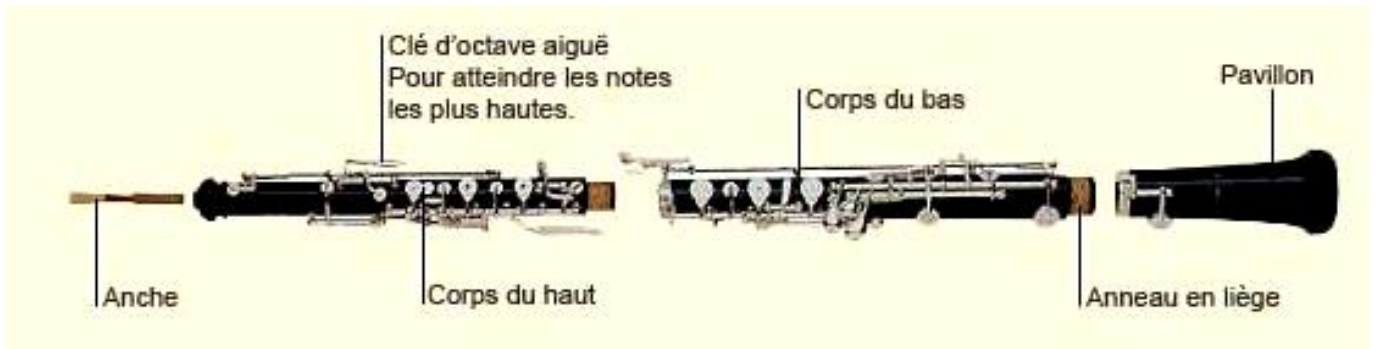


2.5. Justifier pourquoi pour étudier le rein du patient, on utilise un émetteur d'ultrasons à 3,5 MHz plutôt qu'à 10 MHz ?

2.6. Déterminer la longueur BC du calcul rénal.

#### IV. **Spécialistes seulement : Etude d'un instrument à vent (5 points)**

- Le hautbois est présent dans de nombreux orchestres. Autrefois en bambou ou en roseau, il est aujourd'hui fabriqué en ébène ou en palissandre, bois beaucoup plus résistants.
- D'une soixantaine de centimètres de longueur, il fait partie de la famille des instruments à vent : le son est produit par la mise en vibration du tube d'air ainsi constitué.

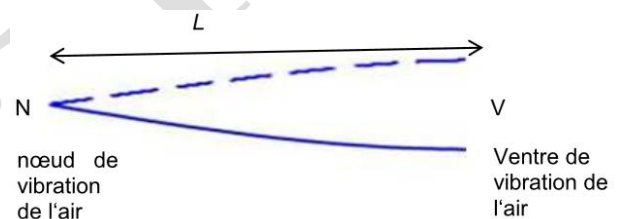


<http://www.instrumentsdumonde.fr/finstrument/105-Hautbois.html>

- On souhaite étudier, avec un modèle simplifié, le fonctionnement d'un hautbois.

#### **Document 1 : Modes de vibration de la colonne d'air dans un hautbois**

- Pour le hautbois, le tube est modélisé par une cavité fermée au niveau de l'anche et ouverte au niveau du pavillon.
- Pour le mode de vibration fondamental, la longueur  $L$  du tube est égale à un quart de longueur d'onde de l'onde.



#### **Document 2 : Notes et octaves**

- En musique, une octave est l'intervalle séparant deux sons dont la fréquence de l'un vaut le double de la fréquence de l'autre. Monter d'une octave correspond à doubler la fréquence de la note.

- Fréquences (en Hz) de quelques notes à l'octave 1 :

Do <sub>1</sub>	Ré <sub>1</sub>	Mi <sub>1</sub>
65,4	73,3	82,4

#### **Document 3 : Demi-ton**

- Dans la musique occidentale, le demi-ton désigne le plus petit intervalle séparant deux notes successives de la gamme tempérée de la même octave.

Notes	Do	Do#	Ré	Ré#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	Do
-------	----	-----	----	-----	----	----	-----	-----	------	----	-----	----	----

- A partir de l'extrémité du pavillon, un raccourcissement de la longueur du tube de 6 % fait monter la note d'un demi-ton.

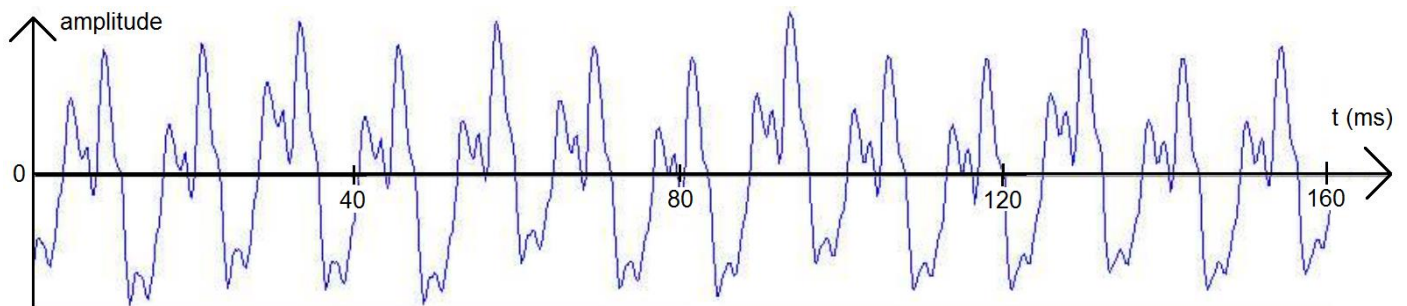
#### **Données**

- Vitesse de l'onde sonore dans les conditions d'étude :  $350 \text{ m.s}^{-1}$
- Conditions aux limites dans un tube d'air : l'extrémité d'un tube d'air fermé est le siège d'un nœud de vibration alors que l'extrémité ouverte sera le siège d'un ventre de vibration.



## 1. Questions préliminaires

- 1.1. Montrer que la fréquence fondamentale dans un hautbois a pour expression :  $f_1 = \frac{v}{4L}$ . On note  $v$  la vitesse de l'onde sonore dans le tube.
- 1.2. A quelle note correspond le son enregistré ci-dessous ?



- 1.3. Quelle devrait être la longueur d'un hautbois si l'on voulait jouer la note Ré<sub>1</sub> (octave 1) lorsque tous les trous sont bouchés ? Commenter le résultat.

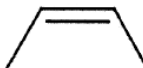
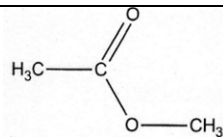
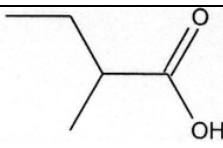
## 2. Problème

- La position des trous influe sur la longueur effective  $L$  du tube dans lequel les ondes se propagent. Un trou ouvert diminue la longueur du tube. On considère que l'on a une extrémité ouverte au niveau du trou ouvert. Le hautbois étudié a un tube de longueur 66,8 cm quand tous les trous sont bouchés.

**Quelle doit être la longueur du tube pour jouer la note Fa à l'octave 2 ?**

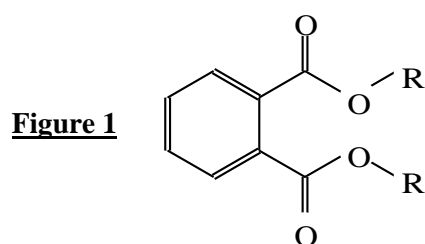
**I. Les emballages alimentaires**

**PARTIE I : les molécules**

	Formule semi-développée	Formule topologique	Nom de la molécule
1			
2			
3			2-méthylbutan-2-ol
4			

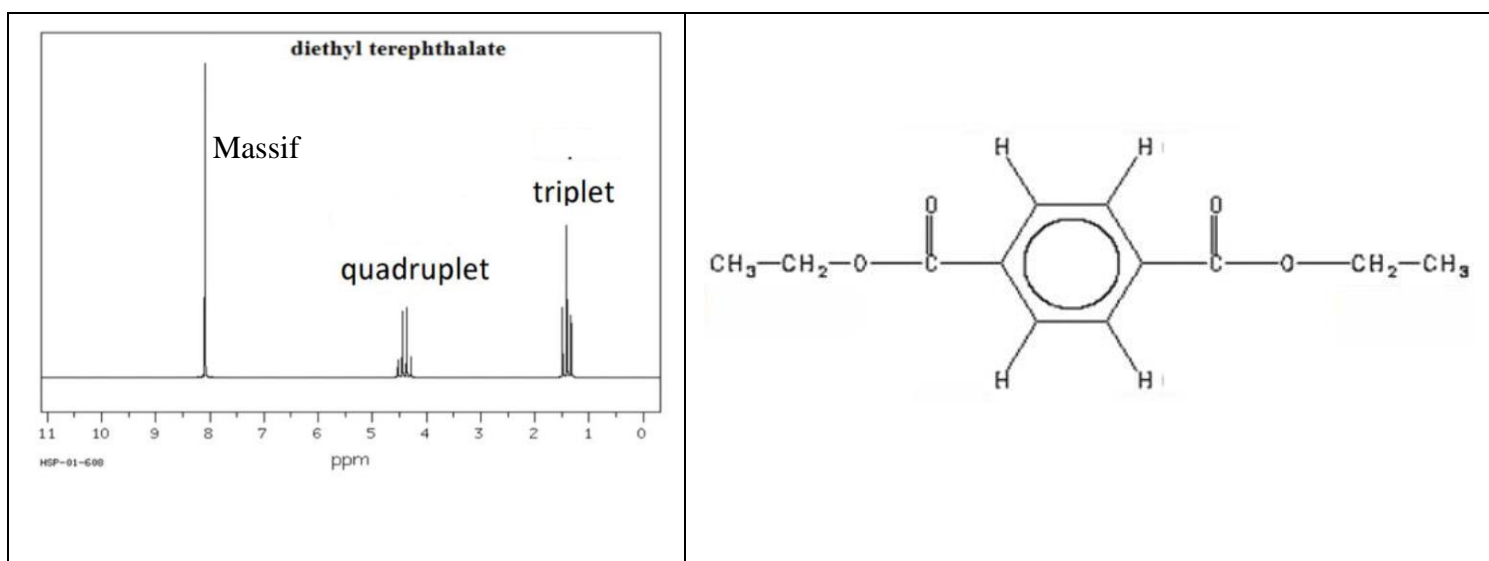
**PARTIE II : Les phtalates et emballages alimentaires**

**Question 1.**



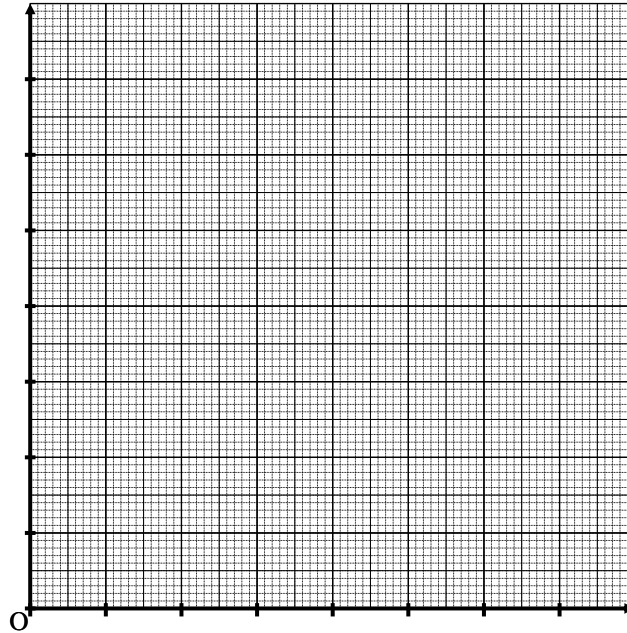
**Questions 3.1**

- Spectre RMN du diéthyl-téréphtalate (le cercle dans le cycle représente les électrons des doublets C = C).



### Question 5.1

Solution	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
Concentration (mg/L)	0,500	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
Absorbance	0,0530	0,106	0,160	0,212	0,266	0,319



**II. Objectif Lune – La reconquête**

**1. Phase de décollage**

**Question 1.2**

Représenter les forces qui agissent sur la fusée pendant cette phase de décollage (on néglige les frottements à l'air ainsi que la poussée d'Archimède).

Echelle de représentation des forces : 1 cm pour 2 MN



**Sol**

**Question 3.4**

- Parmi les 4 courbes, attribuer la courbe correspondant à l'équation horaire  $v_y = f(t)$ . Justifier votre réponse. Sur toutes les courbes, les 2 axes se coupent en leur origine (0 ; 0). Aucune valeur n'est donnée en ordonnées.

