

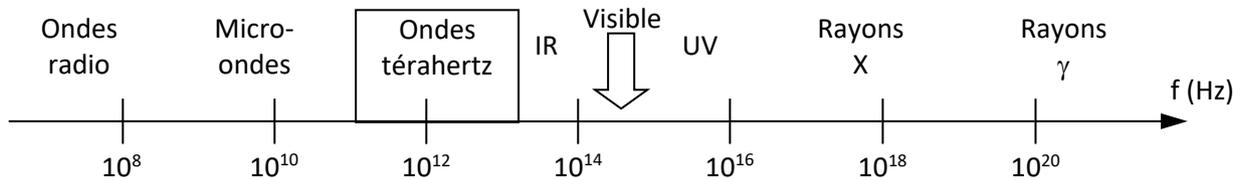
**Devoir surveillé n°1 / 40 pts****EXERCICE I : DES ONDES TRÈS UTILISÉES. /10 PTS****1. Le rayonnement térahertz.**

Découverts depuis plus d'un siècle, les rayonnements térahertz ou rayons T sont restés longtemps une portion inexploree du spectre électromagnétique. Il était en effet difficile de les détecter et de les produire.

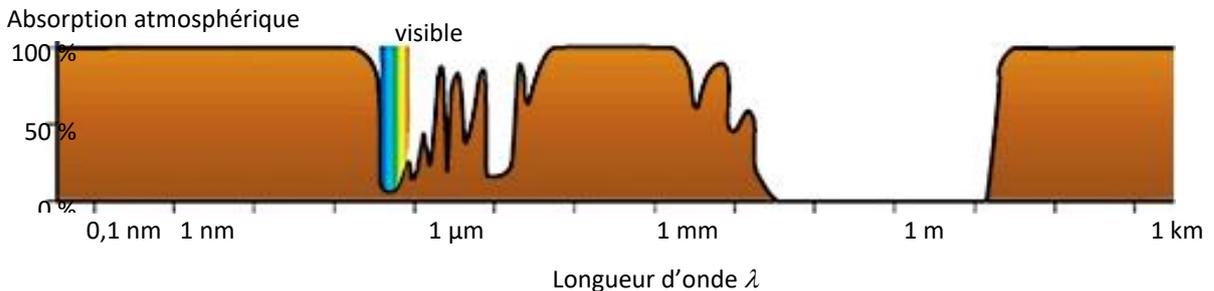
Grâce aux avancées récentes de la technologie, ils connaissent aujourd'hui un engouement certain dans le domaine de l'imagerie médicale, la sécurité, la télécommunication à très haut débit, ...

D'après les modèles construits par les chercheurs en astrophysique, la naissance de l'Univers s'est accompagnée de l'émission d'un intense rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement nous parvient, atténué, après avoir cheminé des milliards d'années dans l'espace. Provenant de toutes les directions de l'Univers, ce « rayonnement fossile » apparaît homogène et se comporte comme le rayonnement d'un corps noir à la température de 3 kelvins.

Domaine des rayonnements électromagnétiques :

**Données :**

- Les fréquences des rayons térahertz sont comprises entre 0,1 THz et 30 THz.
- $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$
- Célérité de la lumière :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Loi de Wien :  $\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$   
avec  $\lambda_{\text{max}}$  la longueur d'onde majoritairement émise (exprimée en m) dans le spectre d'émission d'un corps noir porté à une température  $T$  (exprimée en kelvin).
- Absorption de l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde de l'onde électromagnétique



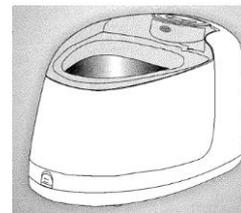
- 1.1. Montrer que le « rayonnement fossile » peut être considéré comme un rayonnement térahertz.
- 1.2. Le rayonnement fossile peut-il être directement étudié avec des instruments au sol ou nécessite-t-il l'utilisation d'un satellite ? Justifier votre réponse.

**2. Les ultrasons.**

Les sons audibles par l'homme sont compris entre 20 Hz et 20 kHz. Au-delà de 20kHz, on parle d'ultrasons, inaudible par l'homme. On trouve dans le commerce des appareils de nettoyage utilisant les ultrasons. Le document 1 décrit la première page de la notice d'un exemple d'appareil de ce type.

**Document 1 : notice simplifiée d'un appareil de nettoyage à ultrasons****Descriptif :**

- réservoir amovible en acier inoxydable
- fréquence des ultrasons 42 kHz à  $\pm 2\%$
- nettoyage facile des objets immergés dans l'eau sous l'effet des ultrasons
- utiliser de préférence de l'eau fraîchement tirée du robinet.



Référence : nettoyeur à ultrasons CD-3900

Données : - célérité des ultrasons dans l'air :  $v = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  à 25 °C.  
- célérité des ultrasons dans l'eau :  $v' = 1500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

On souhaite étudier les ultrasons émis par l'appareil décrit dans le document 1. Pour cela, on isole l'émetteur E à ultrasons de cet appareil et on visualise le signal émis à l'aide d'un capteur relié à la voie 1 d'un oscilloscope. Les mesures sont faites dans l'air à la température de 20 °C. On obtient le signal uE suivant :

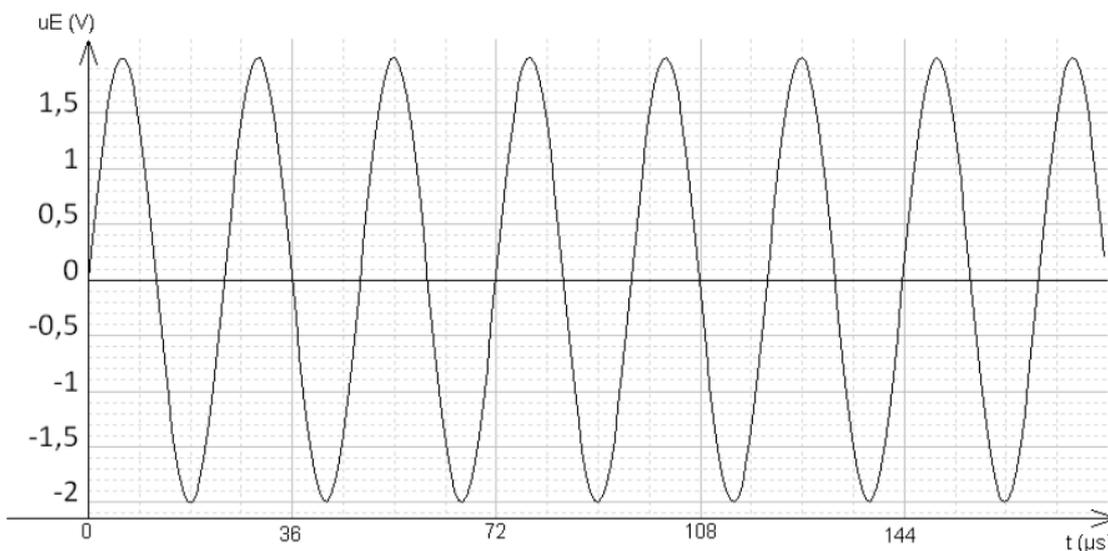


Figure 1

1. Déterminer la période  $T$  du signal représenté sur la **figure 1**. Expliquer la méthode.
2. En déduire la fréquence  $f$  des ultrasons. Comparer avec la valeur de référence.
3. Calculer la valeur de la longueur d'onde lorsque l'appareil est utilisé pour nettoyer un objet.

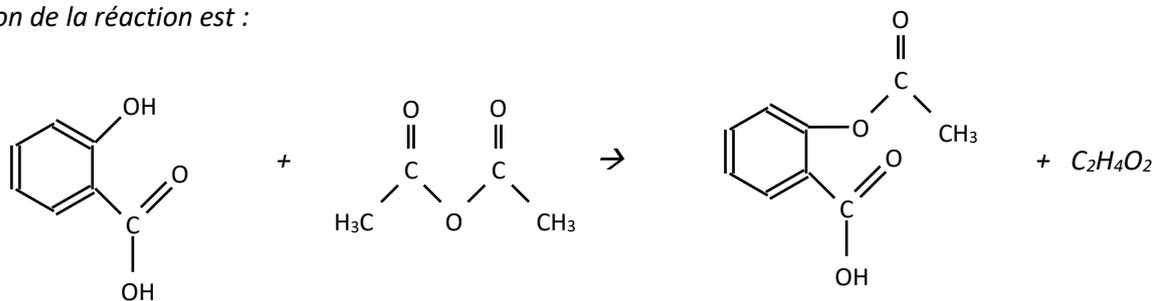
**EXERCICE II : UN PEU D'ASPIRINE /10 pts**

L'une des propriétés pharmacologiques de l'aspirine est d'être un fluidifiant du sang. C'est pourquoi l'aspirine peut être utilisée de manière préventive pour diminuer le risque de formation de caillots sanguins responsables des accidents vasculaires cérébraux (AVC).

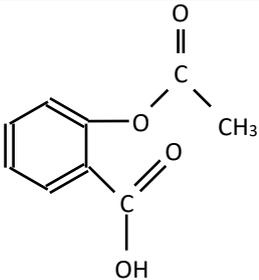
L'aspirine est alors prescrite à faible dose : 75 à 150 mg/jour.

L'aspirine peut être synthétisée à partir d'acide salicylique et d'anhydride éthanique.

L'équation de la réaction est :

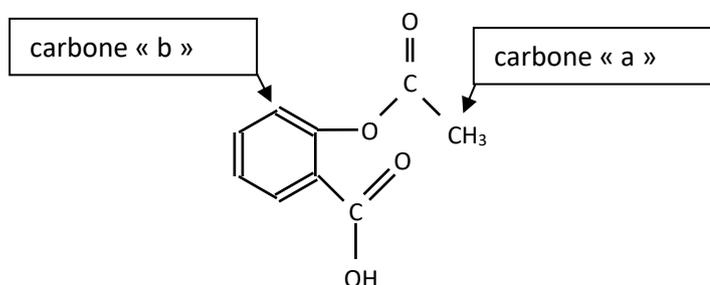




Nom	Formule de la molécule	Propriétés
Aspirine		<ul style="list-style-type: none"><li>• Masse molaire : <math>180 \text{ g.mol}^{-1}</math></li><li>• Solide blanc, se décompose à la chaleur à partir de <math>128 \text{ }^\circ\text{C}</math></li><li>• Solubilité dans l'eau : <math>3,3 \text{ g.L}^{-1}</math> à <math>25^\circ\text{C}</math></li><li>• Très soluble dans l'éthanol</li></ul>

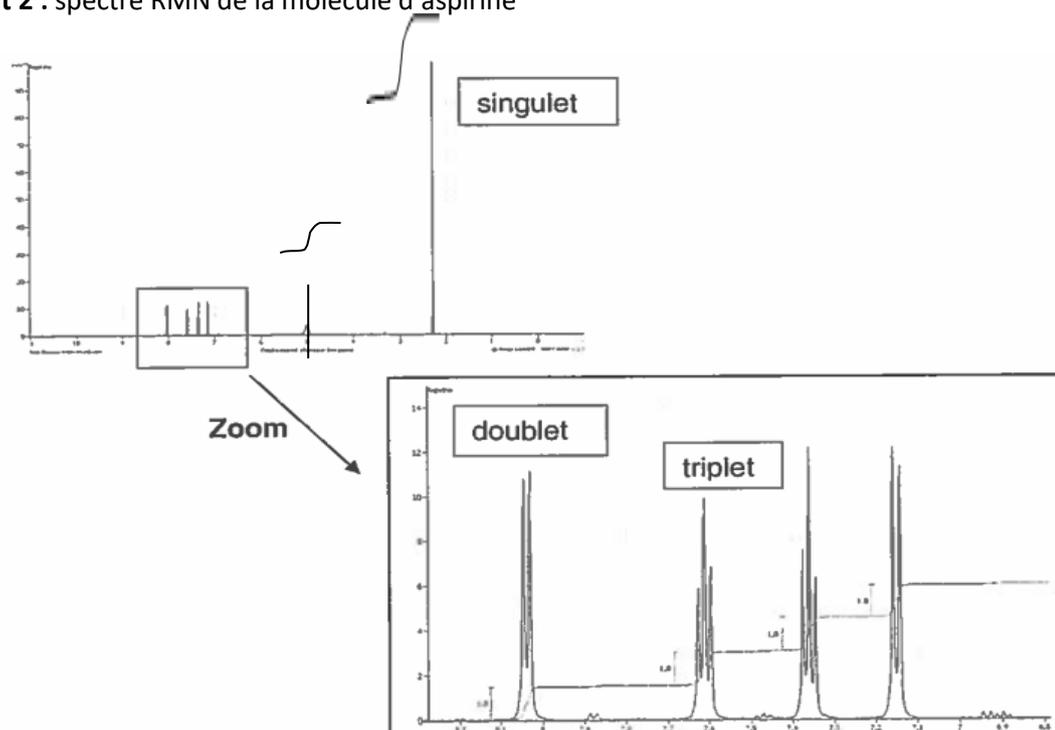
### 1. Spectre RMN de la molécule d'aspirine.

- 1.1. Recopier la formule de la molécule d'aspirine sous forme développée et identifier les deux groupes caractéristiques dans cette molécule. Nommer les fonctions correspondantes.
- 1.2. Déterminer les groupes d'hydrogènes équivalents et les entourer.
- 1.3. Indiquer le nombre de signaux sur le spectre RMN.
- 1.4. Deux carbone particuliers sont repérés par les lettres « a » et « b » dans la formule de la molécule d'aspirine reproduite ci-dessous :



Expliquer pourquoi les atomes d'hydrogène liés au carbone « a » correspondent au singulet du spectre RMN de la molécule d'aspirine reproduit dans le **document 2** ci-après.  
Justifier de même que le doublet de ce spectre RMN correspond à l'atome d'hydrogène lié au carbone « b ».

**Document 2** : spectre RMN de la molécule d'aspirine



## 2. Spectre IR de la molécule d'acide éthanoïque.

L'autre produit issu de la synthèse de l'aspirine est l'acide éthanoïque de formule brute  $C_2H_4O_2$ .

2.1. Donner la formule semi-développée de l'acide éthanoïque et du méthanoate de méthyle qui est un isomère de l'acide éthanoïque.

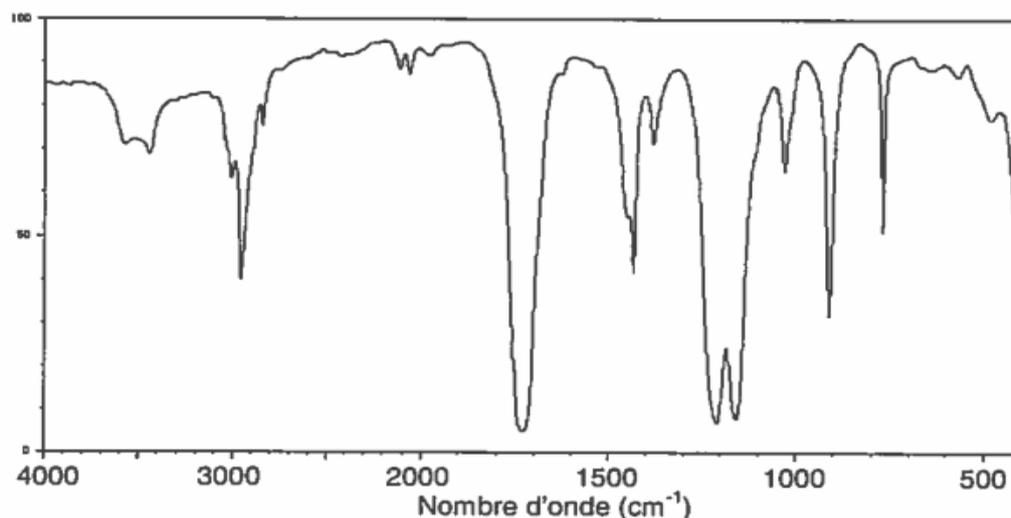
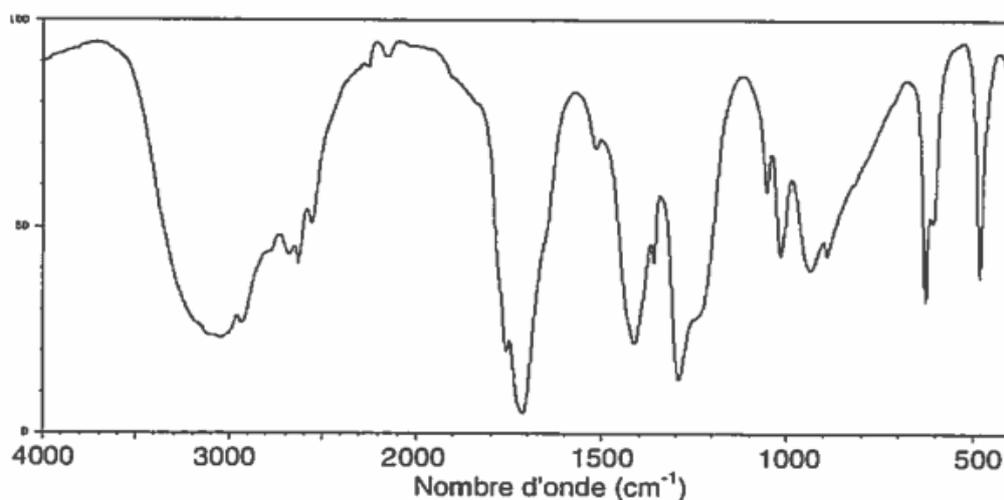
2.2. Les spectres infrarouges de ces deux espèces chimiques sont regroupés dans le **document 3 ci-dessous**. Une table de données de spectroscopie infrarouge est également fournie (**document 4 ci-dessous**).

Identifier celui qui appartient à l'acide éthanoïque en justifiant.

**Document 4** : table de données pour la spectroscopie IR.

famille	liaison	nombres d'onde ( $cm^{-1}$ )
cétone	C = O	1705 - 1725
aldéhyde	C <sub>tri</sub> - H	2700 - 2900
	C = O	1720 - 1740
acide carboxylique	O - H	2500 - 3200
	C = O	1740 - 1800
ester	C = O	1730 - 1750
alcool	O - H <sub>lié</sub>	3200 - 3450
	O - H <sub>libre</sub>	3600 - 3700

**Document 3** : spectres IR de l'acide éthanoïque et du méthanoate de méthyle.



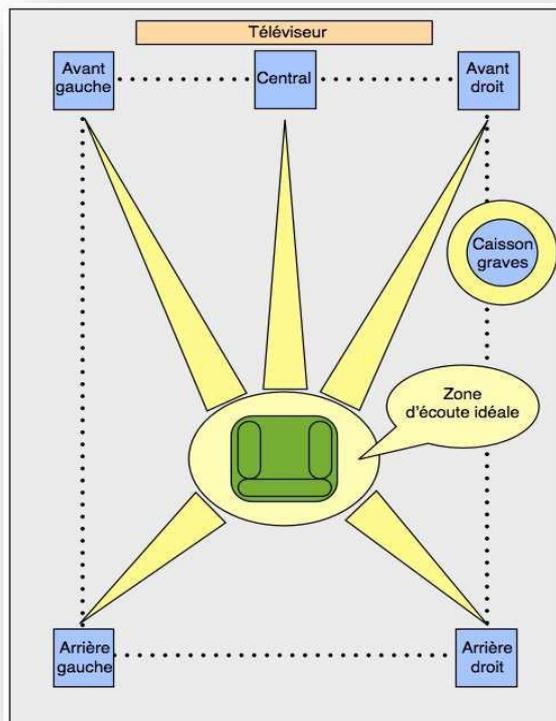


**EXERCICE III – Sonorisation / 10 pts.**

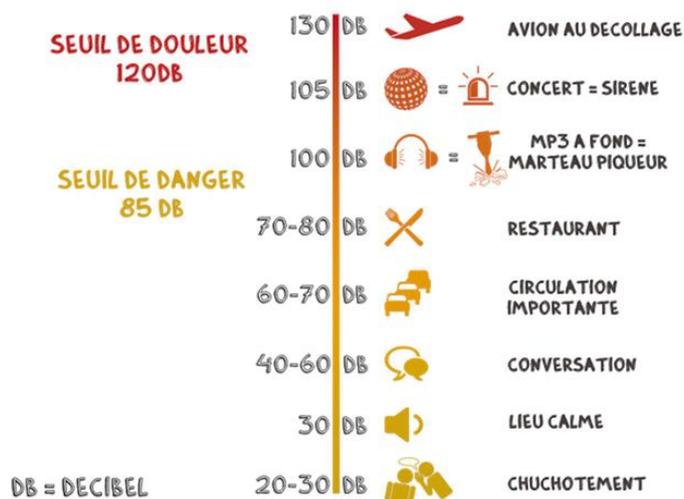
**1. L'installation sonore**

Caractéristique d'une installation sonore 5.1

Un équipement 5.1 signifie que « 5 » haut-parleurs (enceintes) sont utilisés pour retranscrire les voix, les musiques et les effets sonores (alimentés par 5 signaux différents) et que « 1 » caisson de graves est utilisé pour retranscrire les sons très graves (explosions dans un film par exemple). Les enceintes sont disposées comme sur le schéma ci-dessous. Le caisson de graves (subwoofer) peut être placé n'importe où.



Échelle des niveaux sonores



L'intensité sonore de référence pour le calcul d'un niveau sonore vaut :  $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

1. Julien souhaite calibrer correctement son installation. Équipé d'un sonomètre, il se place au centre de la salle. À l'aide d'une télécommande, il déclenche un son sur l'enceinte centrale uniquement et règle son niveau sonore pour que le sonomètre indique 70 dB. Il répète l'opération pour chacune des quatre autres enceintes. L'installation est alors parfaitement équilibrée. Pour finaliser ses réglages, il met en marche simultanément les cinq enceintes (le caisson de graves restants éteints).

**Le son produit présente-t-il un danger pour l'audition du technicien ?**

Rappel : les niveaux sonores ne s'additionnent pas, seuls les intensités sonores s'additionnent.

**2. La télécommande**

Pour piloter les différents appareils, on utilise une ou plusieurs télécommandes équipées de diodes qui émettent des ondes électromagnétiques dans l'infrarouge.

Notice technique de la diode de la télécommande

	Angle d'ouverture	40°
	Tension	1,2 V
	Fréquence émise	$3,10 \times 10^{14} \text{ Hz}$
	Intensité lumineuse	5 mW/Sr
	Dimension de l'optique	5 mm

Donnée : La valeur de la célérité de la lumière dans le vide est supposée être connue du candidat.

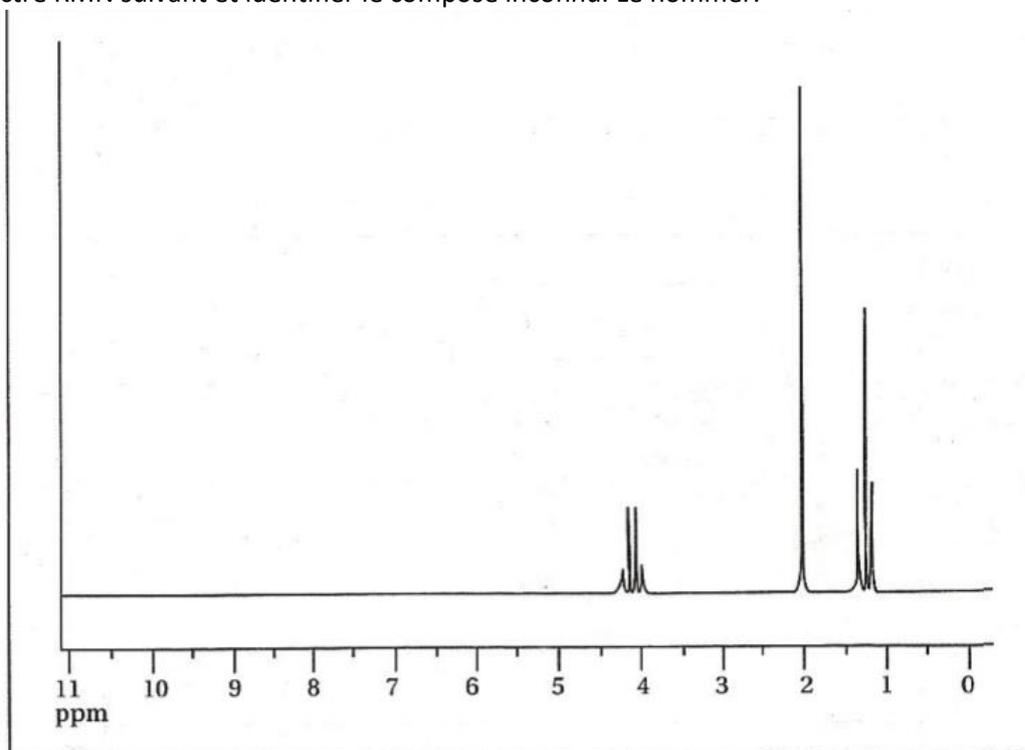


- 2.1. Quelle est la principale différence entre une onde mécanique et une onde électromagnétique ?
- 2.2. Justifier, à l'aide des documents fournis, que le rayonnement émis par la télécommande correspond bien à un rayonnement infrarouge.

**EXERCICE IV : Pour terminer en beauté / 10 pts.**

On dispose d'un composé inconnu. Ce composé peut-être un des 4 composés suivant : le butanal, la butanone, l'acide butanoïque et le butanoate de méthyle.

- a. Donner la formule semi-développée de ces quatre composés en nommant le groupe caractéristique et la fonction chimique correspondant.
- b. À partir d'une analyse, on détermine la formule brute du composé inconnu  $C_4H_8O_2$ . Cette formule est-elle compatible avec un ou plusieurs des composés supposés ?
- c. Le spectre RMN de ce composé est donné ci-dessous. A partir du nombre de signaux, peut-on éliminer un ou plusieurs composés ?
- d. Avec la multiplicité des signaux et les valeurs des déplacements chimiques données en annexe, interpréter le spectre RMN suivant et identifier le composé inconnu. Le nommer.

**Déplacements chimiques**

CH <sub>3</sub> —		—CH <sub>2</sub> —	
Proton	δ	Proton	δ
CH <sub>3</sub> —C—O	1,4 ppm	C—CH <sub>2</sub> —C	1,3 ppm
CH <sub>3</sub> —CO—O—R	2,0 ppm	C—CH <sub>2</sub> —CO—O—R	2,2 ppm
CH <sub>3</sub> —O—CO—R	3,7 ppm	C—CH <sub>2</sub> —O—CO	4,1 ppm

**Correction du devoir surveillé n°1 - Octobre 2017 /40 pts****CORRECTION - EXERCICE I : DES ONDES UTILISEES. / 10 pts****1. Le térahertz. (6pts)**

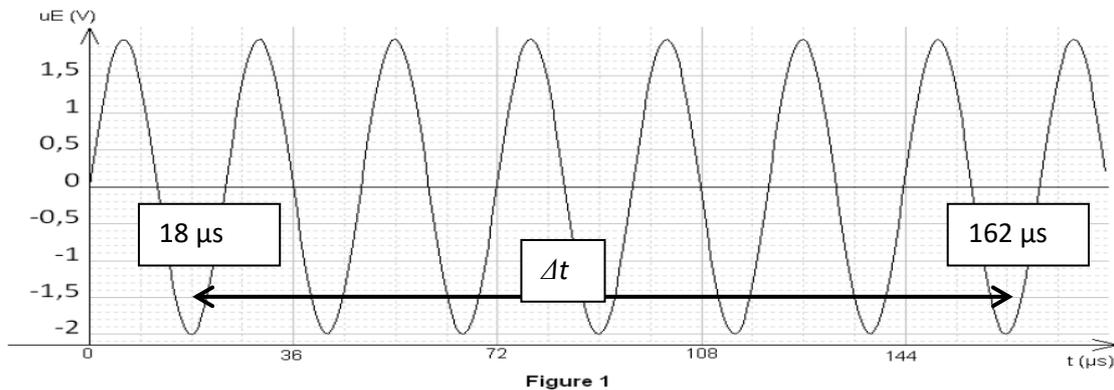
1.1. D'après la loi de Wien, la longueur d'onde  $\lambda_{MAX}$  qui correspond au maximum d'émissivité d'un corps noir

à la température de 3 K est :  $\lambda_{MAX} = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{3} \approx 1 \times 10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm}$  ++

La fréquence correspondante est donnée par  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  donc  $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8 \times 3}{2,90 \times 10^{-3}} \approx 3 \times 10^{11} \text{ Hz} = 0,3 \text{ THz}$  +

Cette fréquence est bien comprise dans le domaine des rayonnements térahertz (entre 0,1 THz et 30 THz) +

1.2. ++ Ce rayonnement correspond à une longueur d'onde de 1 mm. D'après le document sur l'absorption atmosphérique, ces rayonnements de longueur d'onde proche de **1 mm sont totalement absorbés** par l'atmosphère et ne peuvent être observés qu'à l'aide d'**un satellite**.

**2. Étude des ultrasons (4 pts)**

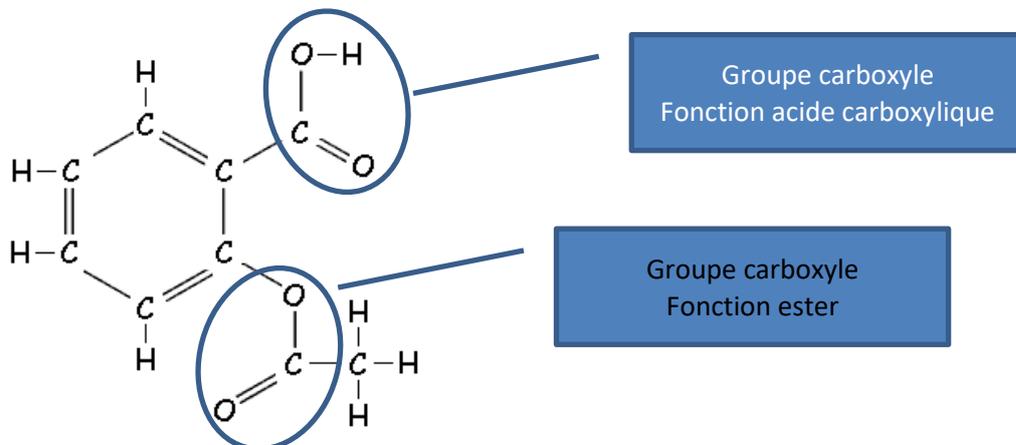
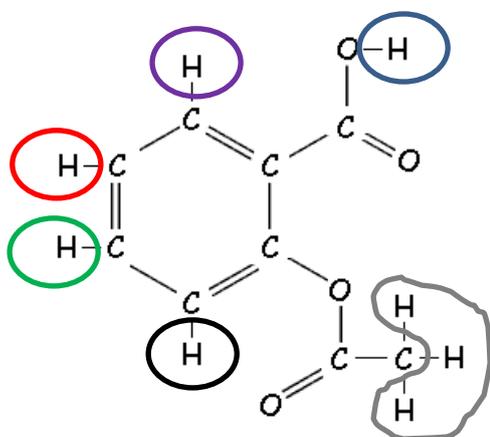
2.1. On mesure la durée  $\Delta t$  du plus grand nombre  $N$  possible de périodes (ici 6 périodes +), on en déduit la période

$$T = \frac{\Delta t}{N} = \frac{162 - 18}{6} = 24 \mu\text{s} = 24 \times 10^{-6} \text{ s} +$$

2.2.  $f = \frac{1}{T}$  numériquement  $f = \frac{1}{24 \times 10^{-6}} = 41\,667 \text{ Hz}$  +

que l'on arrondit à deux chiffres significatifs donc  $f = 4,2 \times 10^4 \text{ Hz} = 42 \text{ kHz}$  +

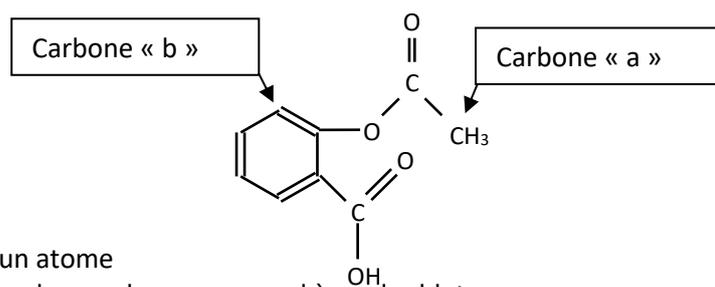
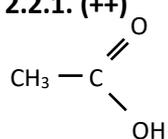
valeur en total accord avec la notice qui annonce 42 kHz.

**CORRECTION - EXERCICE II : UN PEU D'ASPIRINE /10 pts****1. Spectre RMN de la molécule d'aspirine (6pts).****1.1. (+++)****1.2. Hydrogène équivalent : +****1.3. + il y a 6 groupements différents, donc 6 signaux.****1.2. Carbone « a »**

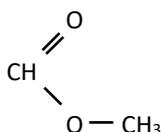
(+) Le carbone voisin du carbone « a » ne possède pas d'atomes d'hydrogène, donc les atomes d'hydrogène liés au carbone « a » correspondent à un singulet.

**Carbone « b »**

(+) Le carbone « b » a deux carbones voisins, l'un porteur d'un atome d'hydrogène, l'autre n'en portant pas donc l'hydrogène du carbone « b » correspond à un doublet.

**2. Spectre IR de la molécule d'acide éthanoïque (4pts).****2.2.1. (++)**

Acide éthanoïque

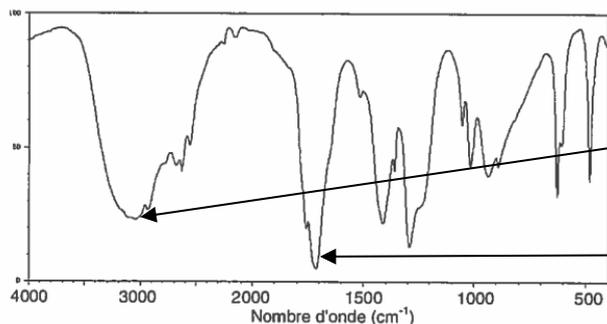


méthanoate de méthyle

Il s'agit d'un ester.



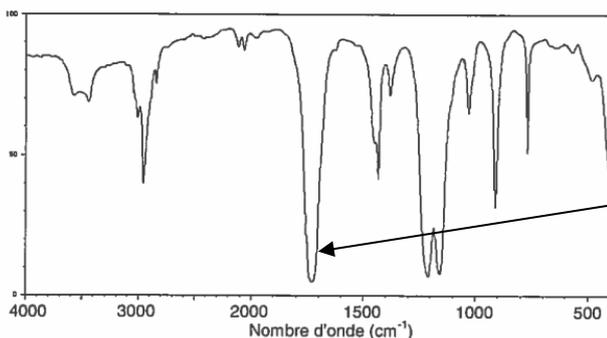
2.2.2. (++)



Spectre IR 1

Bande à 2500 – 3200 cm<sup>-1</sup>  
Caractéristique de la liaison OH de l'acide carboxylique

Bande à 1740 – 1800 cm<sup>-1</sup>  
Caractéristique de la liaison C = O de l'acide carboxylique



Spectre IR 2

Bande à 1730 – 1750 cm<sup>-1</sup>  
Caractéristique de la liaison C = O de l'ester

Le spectre IR1 correspond à celui de l'acide éthanoïque et le spectre IR2 à celui du méthanoate de méthyle.

**EXERCICE III : Les ondes sonores. / 10 pts**

**1. L'installation sonore 6 pts**

Les intensités sonores des cinq enceintes s'additionnent.

Déterminons l'intensité sonore  $I_1$  qui correspond à une enceinte seule avec un niveau d'intensité sonore égal à  $L_1 = 70$  dB.

$$L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \quad \text{soit} \quad \frac{L_1}{10} = \log \frac{I_1}{I_0} \quad \text{soit} \quad 7,0 = \log (I_1/I_0) \quad \text{soit} \quad 10^7 = I_1/I_0 \quad ++$$

et  $I_1 = 1,0 \times 10^{-12} \times 10^7 = 1,0 \times 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$ . +

Déterminons le niveau d'intensité sonore  $L_5$  qui correspond au fonctionnement simultané des cinq enceintes.

$$L_5 = 10 \log \frac{I_5}{I_0} = 10 \log \frac{5I_1}{I_0} = 10 \times \log \frac{5 \times 1,0 \times 10^{-5}}{1,0 \times 10^{-12}} = 77 \text{ dB} ++$$

Ce niveau d'intensité sonore est **inférieur au seuil de danger de 85 dB**, il ne présente pas de danger pour l'audition du technicien. +

**2. La télécommande 4 pts**

**2.1. +** Une onde mécanique nécessite un milieu matériel pour se propager ce qui n'est pas nécessaire pour une onde électromagnétique.

**2.2. +++** La notice technique indique la fréquence du rayonnement émis par la diode  $f = 3,10 \times 10^{14}$  Hz.

$$\lambda = \frac{v}{\nu}, \text{ pour une onde électromagnétique } v = c, \text{ ainsi } \lambda = \frac{c}{\nu}.$$

$$\lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{3,10 \times 10^{14}} = 9,68 \times 10^{-7} \text{ m} = 968 \text{ nm} > 800 \text{ nm}$$

donc effectivement cela correspond à un rayonnement infrarouge.



**CORRECTION EXERCICE IV : Pour terminer en beauté /10 pts.**

a. ++++ Donner la formule semi-développée de ces quatre composés en nommant le groupe caractéristique et la fonction chimique correspondant.

butanal	butanone	l'acide butanoïque	butanoate de méthyle
$\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{---H}$	$\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{O} & \text{H} & \text{H} \\   &    &   &   \\ \text{H---C} & \text{---C---} & \text{C---} & \text{C---H} \\   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{---OH}$	$\begin{array}{ccccccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \text{O} & & \text{H} \\   &   &   & &    & &   \\ \text{H---C} & \text{---C---} & \text{C---} & \text{---C} & \text{---O---} & \text{C---} & \text{H} \\   &   &   & & &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \text{H} & \text{H} \end{array}$
<b>Aldéhyde avec le groupe carbonyle</b>	<b>Cétone avec le groupe carbonyle</b>	<b>Acide carboxylique avec le groupe carboxyle</b>	<b>Ester avec le groupe carboxyle</b>

b. + La formule brute C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub> correspond à **l'acide butanoïque.**

C4H8O	C4H9O	C4H8O2	C5H10O2
-------	-------	--------	---------

c. + Le spectre RMN donne 3 signaux. Ce ne peut-être **l'un des composés proposés, ils donnent tous 4 signaux** (4 groupes H identiques)..

butanal	butanone	l'acide butanoïque	butanoate de méthyle
$\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{---H}$	$\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{O} & \text{H} & \text{H} \\   &    &   &   \\ \text{H---C} & \text{---C---} & \text{C---} & \text{C---H} \\   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{---OH}$	$\begin{array}{ccccccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \text{O} & & \text{H} \\   &   &   & &    & &   \\ \text{H---C} & \text{---C---} & \text{C---} & \text{---C} & \text{---O---} & \text{C---} & \text{H} \\   &   &   & & &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \text{H} & \text{H} \end{array}$
<b>4 signaux</b>	<b>4 signaux</b>	<b>4 signaux</b>	<b>4 signaux</b>

d. ++++ Avec la multiplicité des signaux et les valeurs des déplacements chimiques données en annexe, interpréter le spectre RMN suivant et identifier le composé inconnu. Le nommer.

On observe 3 signaux donc 3 groupes de H équivalents.

