

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL BLANC

Lycée de Chamalières — Novembre 2012

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2h — Sur 9 points — COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices est autorisé. Un rapporteur d'angle est nécessaire.

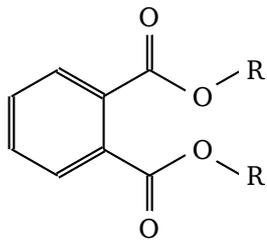
Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et un exercice de PHYSIQUE, présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci. Les feuilles annexes des exercices 1 et 2 (pages 6 à 8), à la fin du sujet, SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.

Le candidat doit traiter les deux exercices sur des feuilles doubles séparées. Les deux exercices sont indépendants les uns des autres.

- | | | |
|-----|---------------------------|--------------|
| I. | Emballages alimentaires | (3,5 points) |
| II. | Expériences sur les ondes | (6,5 points) |

Exercice 1 – 3,5 points 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).

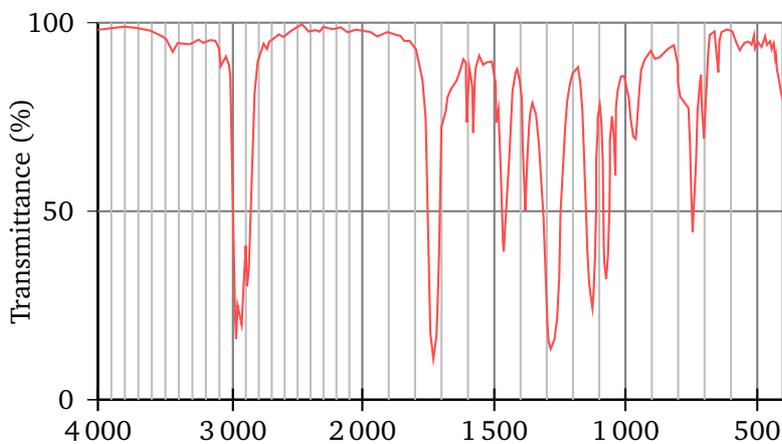
Dans cette formule générale, les groupements R sont deux chaînes hydrogencarbonées identiques. Le cycle à six atomes de carbone et trois liaisons doubles est appelé cycle aromatique.

Document 2 – Les emballages alimentaires.

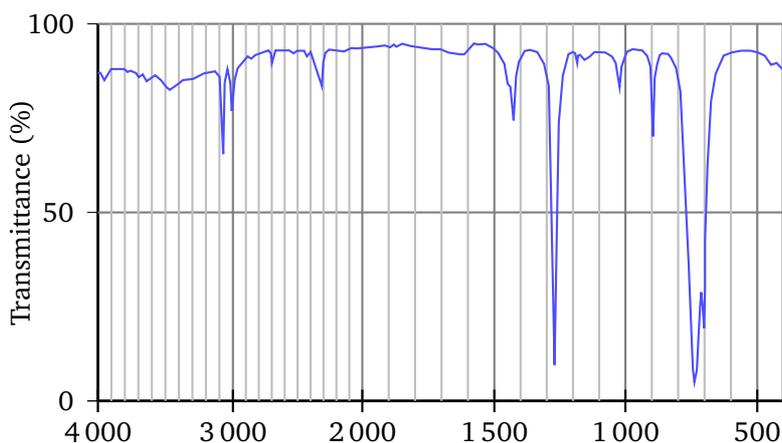
Les industriels de l'emballage alimentaire ont limité l'utilisation des phtalates dans la composition des plastiques : la teneur en phtalates ne doit pas dépasser 0,1 % en masse.

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 – Analyses par spectroscopie infrarouge.



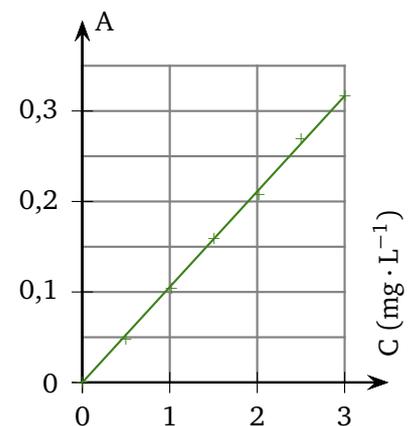
Spectre IR du diisononyl phtalate (DINP), un plastifiant utilisé pour la confection des emballages alimentaires.



Spectre IR du dichlorométhane.

Document 4 – Mode opératoire pour obtenir des données quantitatives.

Le diisononyl phtalate commercial est dissous dans du dichlorométhane CH_2Cl_2 et analysé par spectroscopie infrarouge. L'absorbance a été mesurée pour la bande d'absorption du diisononyl phtalate se situant à 1550 cm^{-1} . La droite d'étalonnage (absorbance en fonction de la concentration) d'équation $y = 0,1062 \cdot x$ avec $R^2 = 0,9995$ est tracée ci-dessous.



Droite d'étalonnage du dosage par IR du diisononyl phtalate commercial.

1. Sur la représentation topologique de la formule générale des phtalates proposée en figure 1 de l'annexe 1 page 6, à rendre avec la copie, entourer les groupes caractéristiques.
2. Le diisononyl 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 et du tableau donné proposé en fin d'exercice, répondre aux questions suivantes :
 - 2.1. Quel type de liaison du DINP est à l'origine de la bande d'absorption à 1740 cm^{-1} ?

2.2. Interpréter la présence des bandes d'absorption situées vers $2\,900 - 3\,000\text{ cm}^{-1}$ et $1\,550 - 1\,600\text{ cm}^{-1}$?

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

3.1. Expliquer le choix du nombre d'onde pour l'étalonnage.

3.2. 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 en fin d'exercice et du spectre du dichlorométhane, justifier le choix du solvant.

4. 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 $1\,550\text{ cm}^{-1}$, une absorbance de 0,223.

4.1. Quelle est la concentration en phtalate dans l'échantillon analysé ?

4.2. Quel est le pourcentage en masse de phtalate dans l'emballage ?

5. L'échantillon peut-il être mis sur le marché ? Justifiez.

Données : bandes d'absorption en spectroscopie infrarouge (« lié » en présence de liaisons hydrogènes, « libre » en l'absence de liaisons hydrogènes).

Liaison	Gamme de nombre d'onde σ (cm^{-1})	Type de bande
O-H alcool libre	3 590-3 650	Intense et fine
O-H alcool lié	3 200-3 600	Moyenne et large
C-H alcane	2 850-2 970	Moyenne
C-H aldéhyde	2 700-2 900	Moyenne
O-H acide carboxylique	2 500-3 200	Intense et large
C=O ester	1 735-1 750	Intense
C=O aldéhyde et cétone	1 700-1 725	Intense
C=O acide carboxylique	1 700-1 725	Intense
C=C alcène	1 620-1 690	Moyenne
C-H alcane	1 400-1 500	Moyenne
C-O-C ester	1 050-1 300	Intense

Exercice 2 – 6,5 points Expériences sur les ondes

On réalise une série d'expériences avec des ondes mécaniques sur cuve à ondes, en observation stroboscopique. Les différentes expériences sont indépendantes les unes des autres.

1. Première expérience

Considérez les deux enregistrements suivants :

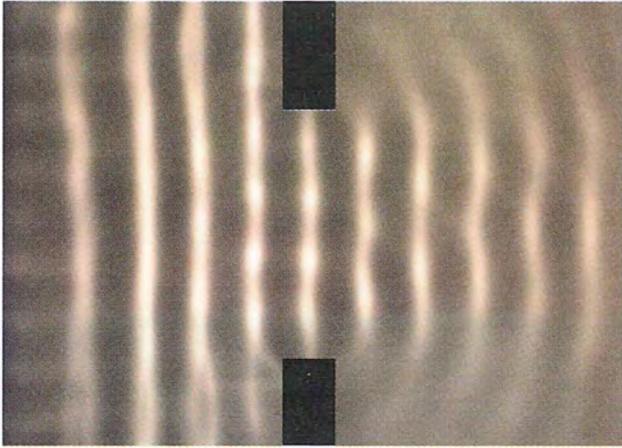


FIGURE 2

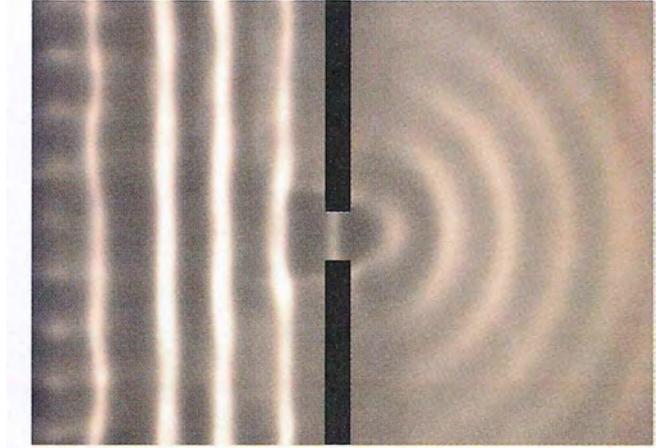


FIGURE 3

- 1.1. Quel phénomène ces deux enregistrements permettent de mettre en évidence ? Décrire ce phénomène en termes simples et concis.
- 1.2. Quelle dimension a doit avoir l'obstacle pour observer ce phénomène ?

2. Deuxième expérience

Considérez maintenant l'enregistrement proposé en figure 4 en annexe 2 page 7, à rendre avec la copie. Cet enregistrement présente une échelle en bas au centre.

- 2.1. Mesurer précisément la longueur d'onde avant l'obstacle et après l'obstacle. Les tracés nécessaires à cette mesure doivent figurer sur la figure 4 de l'annexe.
Conclure.
- 2.2. Qu'appelle-t-on l'écart angulaire θ ? L'indiquer très clairement sur la figure 4 de l'annexe, en justifiant.
- 2.3. Rappeler la relation liant θ , λ et a , puis la vérifier à l'aide des mesures sur la figure.

3. Troisième expérience

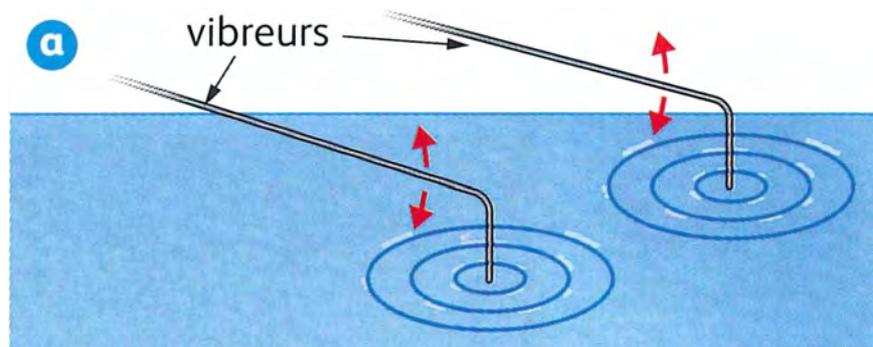
On réalise maintenant une expérience à l'aide de deux vibreurs synchronisés. On obtient le résultat présenté en figure 5 de l'annexe 2 page 7, à rendre avec la copie.

- 3.1. Quel phénomène est ainsi mis en évidence ?
- 3.2. Pourquoi peut-on dire que les deux vibreurs sont « synchronisés » ?
- 3.3. Exprimer la différence de marche δ_1 au point M_1 , les deux ondes mécaniques étant émises par des points sources notés S_1 et S_2 . Quelle est l'unité de la différence de marche ?
- 3.4. Que peut-on dire des deux ondes mécaniques au point M_2 ? Même question pour le point M_1 .

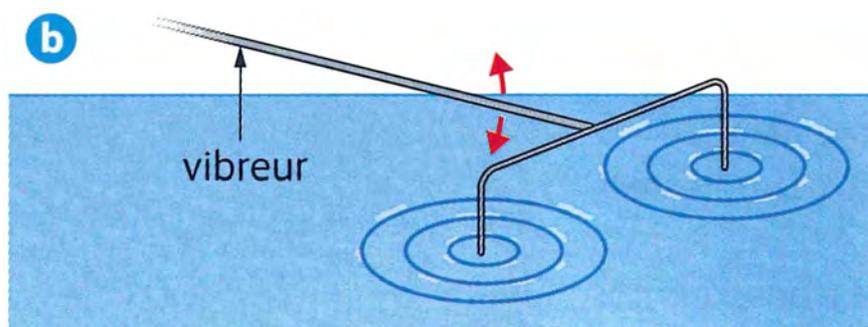
4. Quatrième expérience

Au cours d'un TP, un élève souhaite réaliser par lui-même la troisième expérience. Pour cela, il a le choix entre deux dispositifs :

- utiliser deux vibreurs indépendants mais vibrant à la même fréquence, chaque vibreur étant muni d'une pointe (figure (a)) :



- utiliser un seul vibreur à deux points (figure (b)) :



Quel matériel doit-il choisir ? Expliquer en quelques lignes.

5. Cinquième expérience

Résoudre à l'aide de ses connaissances et des documents ci-dessous et page suivante.

- 5.1. En exploitant les documents 2 et 3, montrer que le décalage spectral de UDFy-38135539 correspond bien à la valeur indiquée dans l'article.
- 5.2. Que montre le décalage vers l'infrarouge d'une raie qui se situe dans l'ultraviolet ?
- 5.3. Calculer la vitesse radiale de cette galaxie par rapport à la Terre.
- 5.4. Justifier que d'après la loi de Hubble, plus les galaxies sont éloignées, plus elles sont rapides.
- 5.5. Dédurre de la loi de Hubble et de la réponse à la question 5.3 la distance en années-lumières (al) qui sépare la galaxie UDFy-38135539 de la Terre. Conclure.

Donnée : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Document 1 – Détection d'une galaxie.

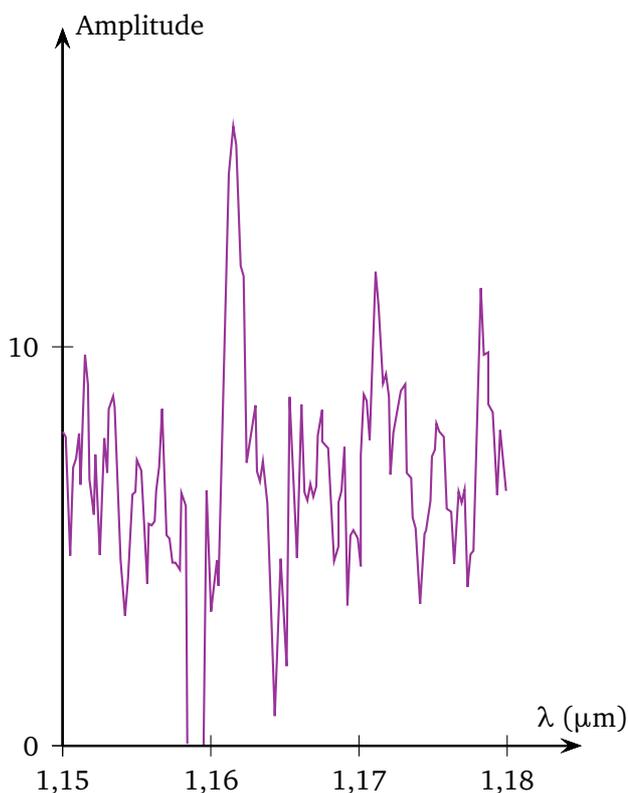
Après avoir observé une galaxie pendant seize heures et analysé les données pendant deux mois grâce à des logiciels d'analyse qu'ils avaient développés, des chercheurs ont constaté qu'ils avaient détecté la lueur très faible de

la raie principale de l'hydrogène, avec un décalage vers le rouge de 8,6. Cette valeur fait de cette galaxie, nommée UDFy-38135539, l'objet le plus éloigné jamais détecté par spectroscopie.

D'après un communiqué de presse du CNRS du 18 octobre 2010.

Document 2 – Portion du spectre de UDFy-38135539.

Voici le signal de la raie d'hydrogène Ly-alpha, détectée grâce au télescope VLT (Very Large Telescope) après seize heures de pose. Cette raie a été émise dans l'ultraviolet à 121,6 nm.



Document 3 – Données d'astrophysique.

En astronomie, le décalage spectral est défini comme :

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

Les astronomes calculent la vitesse radiale d'éloignement v à l'aide de la relation de Doppler-Fizeau, valable pour toutes les vitesses y compris les vitesses relativistes (c'est-à-dire proches de la vitesse de la lumière c) :

$$v = c \cdot \frac{(z + 1)^2 - 1}{(z + 1)^2 + 1}$$

D'après <http://media4.obspm.fr/public/AMC>.

Document 4 – La loi de Hubble.

La loi de Hubble relie la distance D qui nous sépare d'une galaxie très éloignée à sa vitesse v :

$$D = \frac{v}{H_0}$$

H_0 est la constante de Hubble :

$$H_0 = 70 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$$

1 Mpc : 1 mégaparsec, avec 1 parsec :

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ al}$$

1 année-lumière : 1 al = $9,5 \times 10^{12}$ km.

Nom : Prénom : Classe : TS ..

ANNEXE 1 — À rendre avec la copie

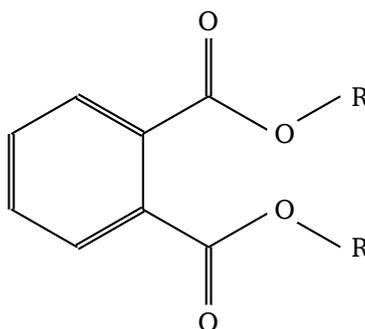


FIGURE 1 – Formule générale des phtalates.

ANNEXE 2 — À rendre avec la copie

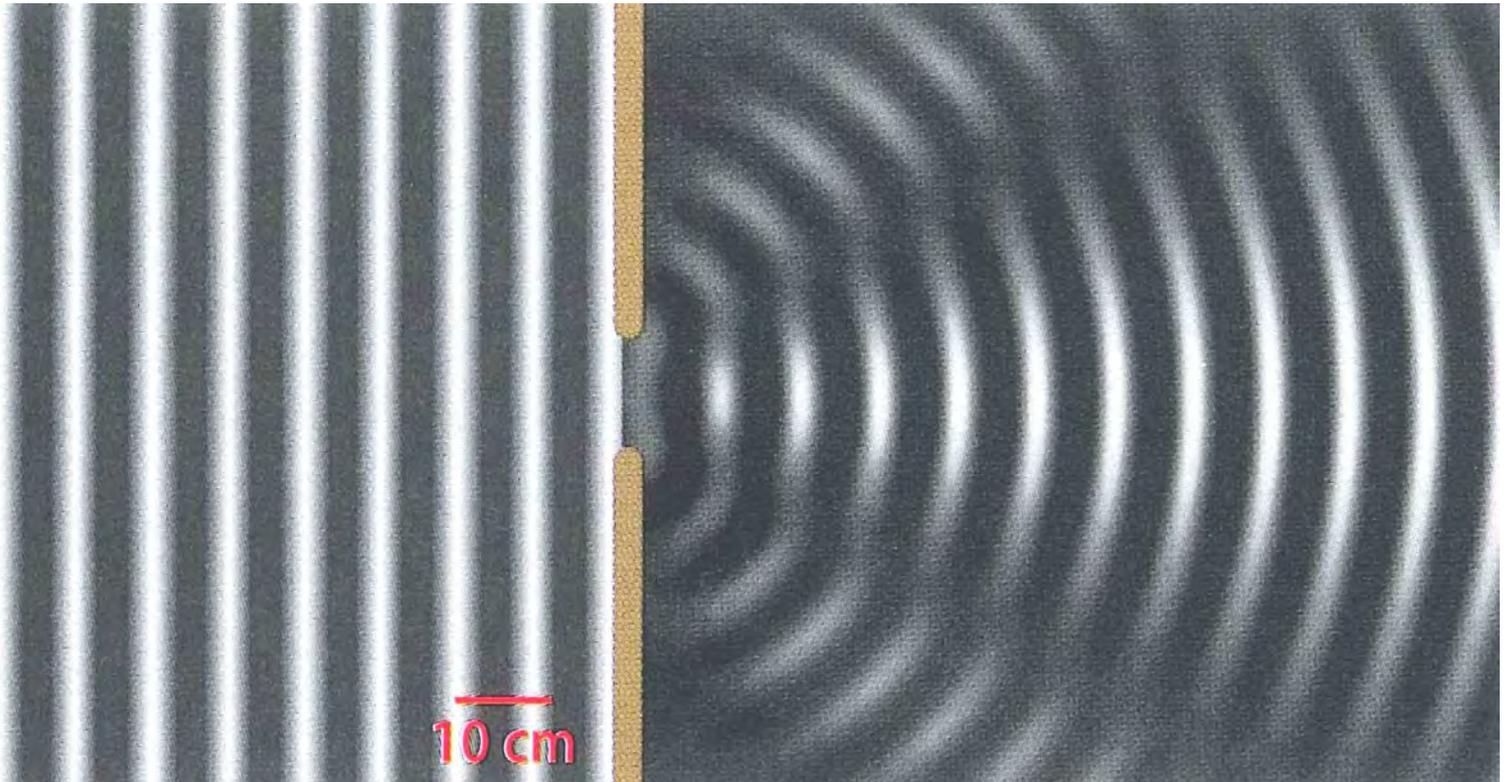


FIGURE 4 – Photographie de la cuve à ondes vue de dessus.

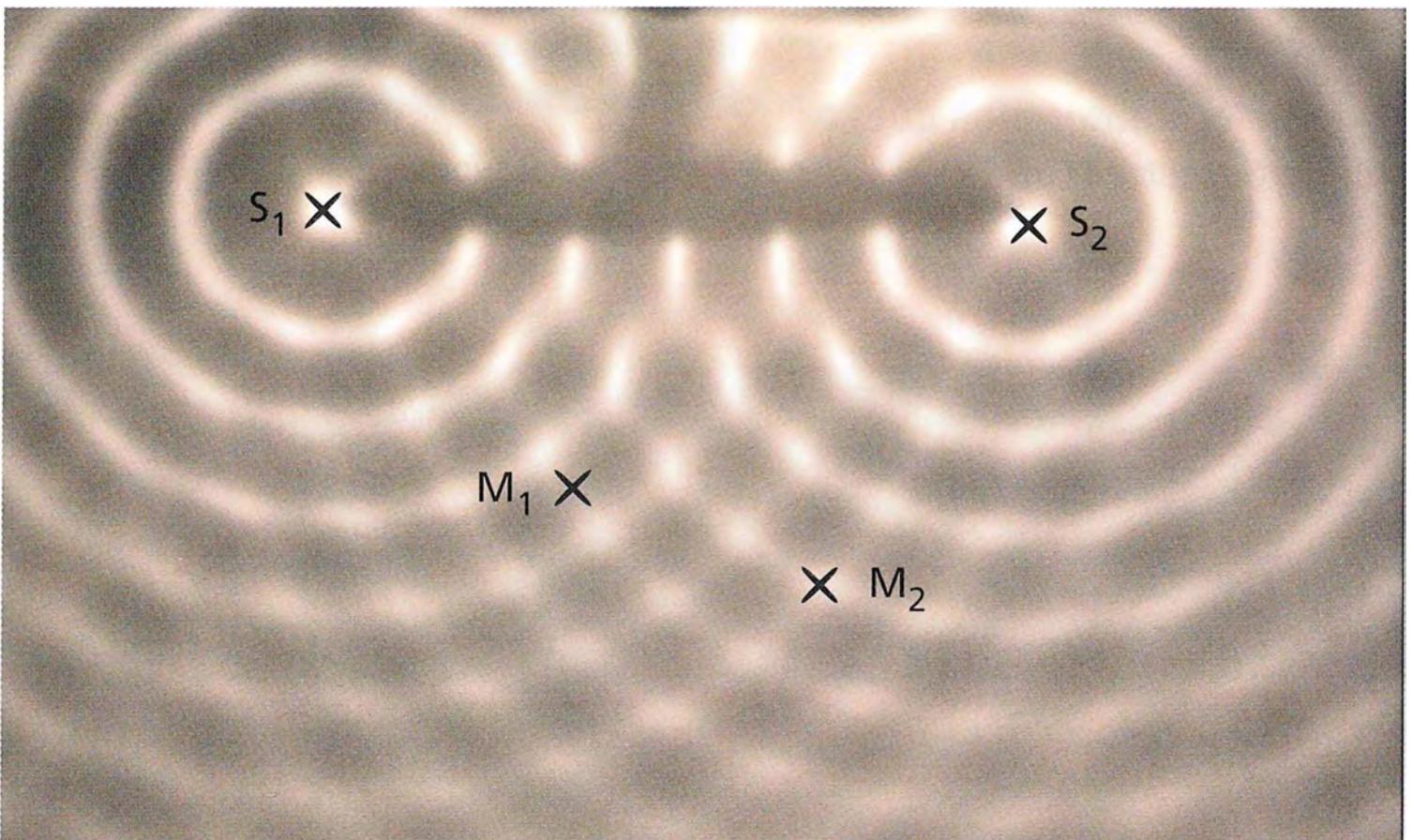
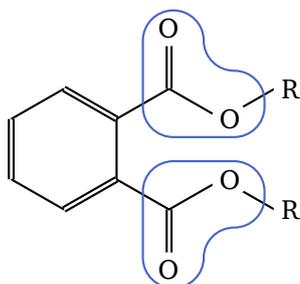


FIGURE 5 – Photographie de la cuve avec deux vibreurs.

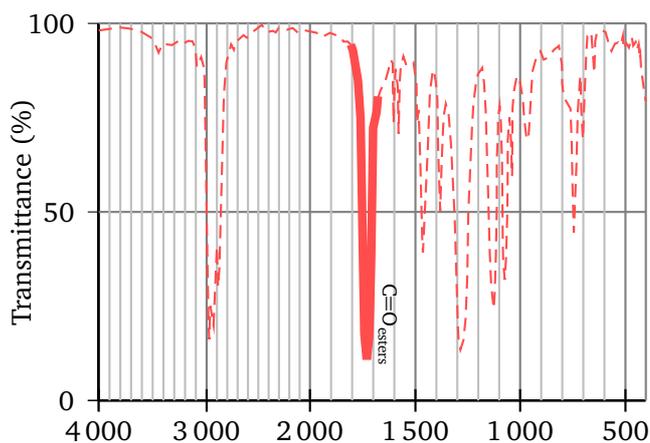
Exercice 1 – Emballages alimentaires

1. La formule générale des phtalates comprends deux groupements esters (fonction chimique ester), les groupes R étant des alkyles.

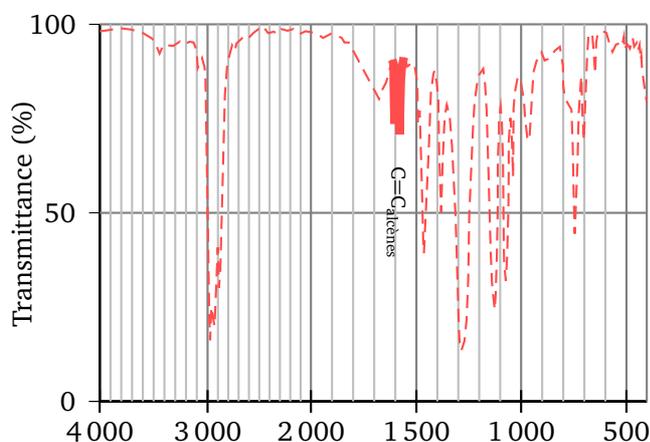
Le cycle aromatique appelé groupe benzylique (fonction benzylique) n'est pas un groupe exigible dans le programme de Terminale S. Les deux fonctions esters sont entourées sur la molécule :



- 2.1. La bande d'absorption à 1740 cm^{-1} correspond à la liaison $\text{C}=\text{O}$ des esters, donnée comme intense entre $1735\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$, ce qui est parfaitement conforme.



- 2.2. Les bandes d'absorption vers $1550\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ sont ni intenses, ni larges, elle sont moyennes ; il s'agit des doubles liaisons $\text{C}=\text{C}$ présentes dans le cycle aromatique.



Quant aux bandes situées vers $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$, il s'agit d'après le tableau de données d'une bande caractéristique des alcanes $\text{C}\text{--}\text{H}$. Il s'agit d'une bande de largeur moyenne mais néanmoins intense. Sa présence est typique d'une molécule comportant une chaîne hydrogénéocarbonée.

Grille BB1 rattrapage

1. Emballages alimentaires

.../10

- 2 groupes esters, entourés
- C=O vers 1740 cm^{-1}
- C-H vers $2900 - 3000\text{ cm}^{-1}$
- C=C aromatiques vers $1550 - 1600\text{ cm}^{-1}$
- Choix maximum correspondant à l'espèce
- Choix aucune absorbance autres espèces
- Ni C=C ni C=O dans le solvant donc c'est OK
- $C = 0,223/0,1062 = 2,1\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
- 0,21 % de phtalate
- Maxi 0,1 % donc pas de mise sur le marché !

2. Expériences ondes

.../22

- Diffraction
- Explications diffraction
- $a \sim \lambda$
- $a = 11\text{ cm}$
- Mesure annexe sur plusieurs λ
- $\lambda = 7,8\text{ cm}$
- λ inchangé + mesure apparente
- θ premier minimum + tracé en annexe
- $\theta = \lambda/a = 0,71\text{ rad}$
- $\theta = 35^\circ = 0,61\text{ rad}$, accord
- Interférences
- Synchronisés car liés
- $\delta_1 = S_1M_1 - S_2M_1$ ou l'opposé
- En centimètres
- En phase en M_2
- En opposition de phase en M_1
- Matériel (b) car sources forcément synchrones
- $z = 1161 - 121,6/121,6 = 8,55$ calculé, accord
- $\lambda \nearrow \nearrow$ donc éloignement à haute vitesse !
- $v = 2,92 \times 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- D et v proportionnels donc $v \nearrow$ si D \nearrow
- D = 4,2 Gpc ou $1,3 \times 10^{10}\text{ al}$ ou $1,2 \times 10^{26}\text{ m}$

Total

.../32

Note

.../20

Grille BB1 rattrapage

1. Emballages alimentaires

.../10

- 2 groupes esters, entourés
- C=O vers 1740 cm^{-1}
- C-H vers $2900 - 3000\text{ cm}^{-1}$
- C=C aromatiques vers $1550 - 1600\text{ cm}^{-1}$
- Choix maximum correspondant à l'espèce
- Choix aucune absorbance autres espèces
- Ni C=C ni C=O dans le solvant donc c'est OK
- $C = 0,223/0,1062 = 2,1\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
- 0,21 % de phtalate
- Maxi 0,1 % donc pas de mise sur le marché !

2. Expériences ondes

.../22

- Diffraction
- Explications diffraction
- $a \sim \lambda$
- $a = 11\text{ cm}$
- Mesure annexe sur plusieurs λ
- $\lambda = 7,8\text{ cm}$
- λ inchangé + mesure apparente
- θ premier minimum + tracé en annexe
- $\theta = \lambda/a = 0,71\text{ rad}$
- $\theta = 35^\circ = 0,61\text{ rad}$, accord
- Interférences
- Synchronisés car liés
- $\delta_1 = S_1M_1 - S_2M_1$ ou l'opposé
- En centimètres
- En phase en M_2
- En opposition de phase en M_1
- Matériel (b) car sources forcément synchrones
- $z = 1161 - 121,6/121,6 = 8,55$ calculé, accord
- $\lambda \nearrow \nearrow$ donc éloignement à haute vitesse !
- $v = 2,92 \times 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- D et v proportionnels donc $v \nearrow$ si D \nearrow
- D = 4,2 Gpc ou $1,3 \times 10^{10}\text{ al}$ ou $1,2 \times 10^{26}\text{ m}$

Total

.../32

Note

.../20