

DST : Physique-Chimie



NOM :

PRENOM :

Terminale :

DUREE DE L'EPREUVE : 1 heure et 50 minutes. — Sur 20 points — COEFFICIENT : 1

L'usage des calculatrices est autorisé.

*Ce sujet comporte 3 exercices de PHYSIQUE-CHIMIE, présentés sur 6 pages numérotées de 1 à 6, y compris celle-ci. Les exercices sont indépendants. Si au bout de quelques minutes, vous ne parvenez pas à répondre à une question, passez à la suivante. Les exercices peuvent être traités séparément, le barème est donné à titre indicatif. Dans tous les calculs qui suivent, on attend à ce que soient donnés la formule littérale, le détail du calcul numérique et le **résultat avec une unité et un nombre de chiffres significatifs correct en écriture scientifique**. Et n'oubliez pas de faire des phrases !*

- I. Emballages alimentaires (8 points)
- II. Spectroscopie RMN (10 points)
- III. L'effet Doppler en astrophysique (5 points)

Compétences		😊	😐	😞
Restituer des connaissances				
Analyser	Justifier ou proposer un modèle			
S'approprier	Extraire des informations			
Réaliser	Manipuler les équations, Utiliser une calculatrice			
Valider	Exploiter des informations, Avoir un regard critique			
Communiquer	Utiliser un vocabulaire scientifique adapté, Présentation			
Etre autonome	Prendre des décisions			

Extraits du programme	
Notions et contenus	Compétences exigibles
Effet Doppler Spectres IR Spectres RMN Déplacement chimique. Intégration. Multiplicité	Effet Doppler comme moyen d'investigation en astrophysique Détermination de groupes caractéristiques Relier un spectre RMN à une molécule

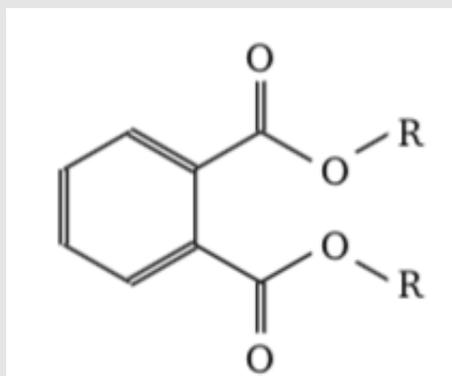
Exercice 1 Emballages alimentaires (8 points)

Compétences : Restituer des connaissances, Analyser, S'approprier l'information, Reasonner sur des notions connues

Document n° 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 hydrogénocarbonées identiques. Le cycle à six atomes de carbone et trois liaisons doubles est appelé cycle aromatique.



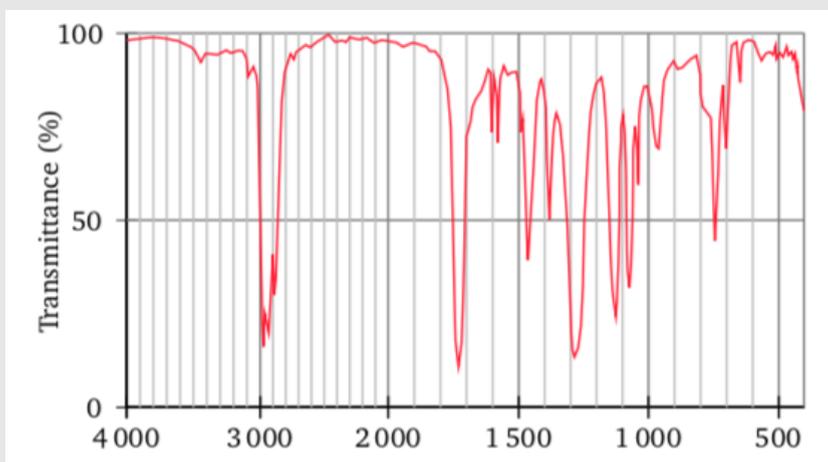
Document n° 2 : Les emballages alimentaires

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.

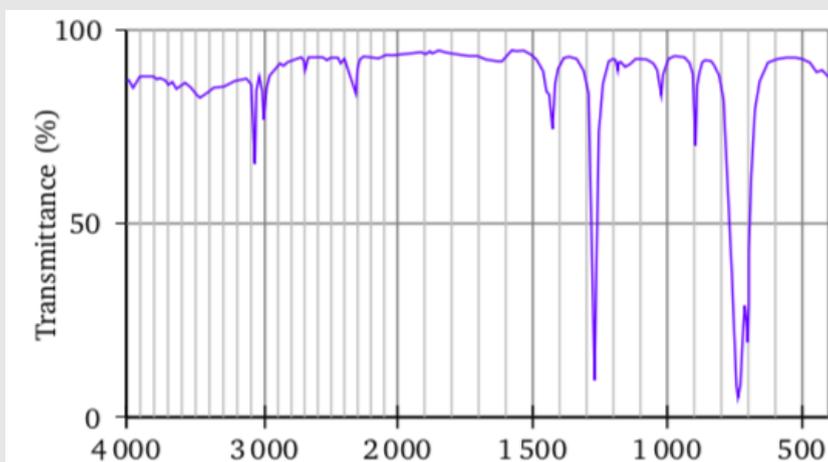
Toutefois, certains industriels continuent à utiliser ce plastifiant peu coûteux et très efficace. Des contrôles quantitatifs peuvent être effectués par spectroscopie infrarouge. Cette méthode nécessite d'effectuer une gamme d'étalonnage à partir du produit commercial.

Document n° 3 : Analyses par spectroscopie infrarouge

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

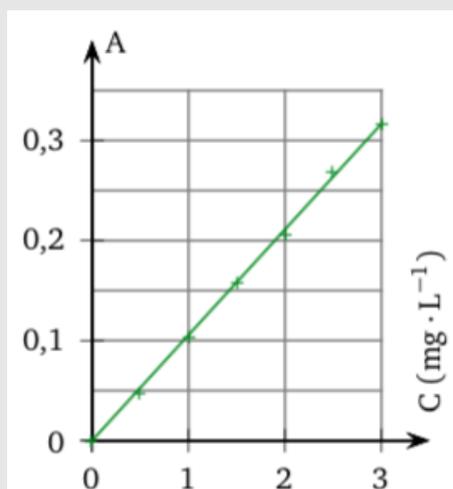


Spectre IR du dichlorométhane.

**Document n° 4 : Mode opératoire pour obtenir des données quantitatives**

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

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



Document n° 5 : Bandes d'absorption en spectroscopie infrarouge

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

1/ Redessiner la molécule du document 1, puis entourer et nommer les groupes caractéristiques.

2/ Le diisononyl phtalate (DINP) est un plastifiant très utilisé pour la confection des emballages alimentaires. A l'aide du spectre du DINP donné dans le document 3 et du tableau donné dans le document 5, répondre aux questions suivantes :

2.1/ Quel type de liaison du DINP est à l'origine de la bande d'absorption à $1\,740\text{ cm}^{-1}$?

2.2/ Interpréter la présence des bandes d'absorption situées vers $1\,620 - 1\,650\text{ cm}^{-1}$ et $2\,900 - 3\,000\text{ cm}^{-1}$?

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 de l'appareil de mesure.

3.2/ Le phtalate est dilué dans un solvant dont les bandes d'absorption ne doivent pas modifier les résultats de l'analyse. A l'aide du spectre du dichlorométhane du document 3 et du tableau du document 5, 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/ En s'appuyant du document 4, quelle est la concentration en phtalate dans l'échantillon analysé ?

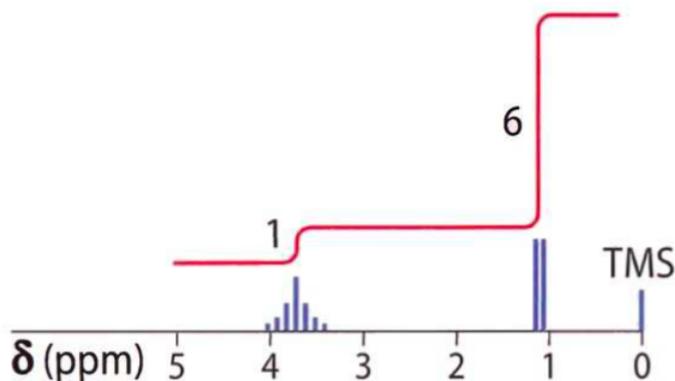
4.2/ Quel est le pourcentage en masse de phtalate dans l'emballage ?

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

Exercice 2 Spectroscopie RMN (10 points)

Compétences : Restituer des connaissances, Analyser, S'approprier l'information, Reasonner sur des notions connues

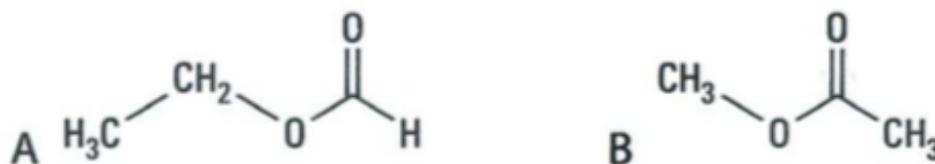
On donne ci-dessous le spectre RMN d'une molécule, ainsi que le signal d'intégration associé.



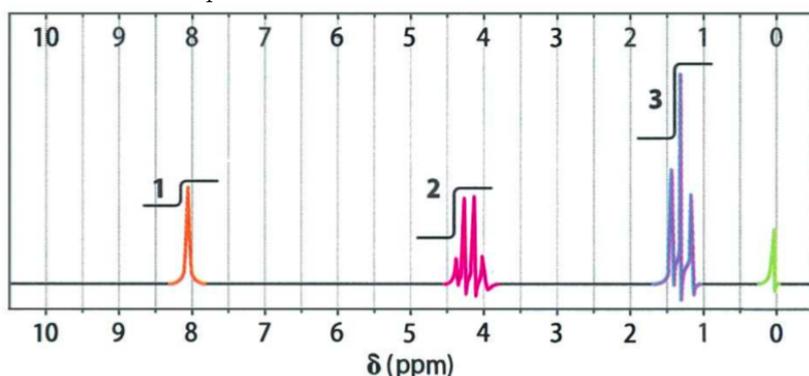
Ce spectre est celui d'une des deux molécules (a) et (b) dont les formules sont données ci-dessous.



- 1/ Que représente la lettre δ sur un spectre RMN du proton ? Quelle est la signification de la notation ppm ?
- 2/ A quoi correspond le pic associé au TMS sur le spectre ?
- 3/ Dessinez les formules développées des molécules (a) et (b). Décomptez les protons équivalents sur chacune des deux molécules. On pourra utiliser une couleur différente pour chaque groupe de protons équivalents afin de les mettre en évidence sur les formules développées précédentes.
- 4/ Identifier la molécule correspondant au spectre RMN. Bien expliquer la démarche.
- 5/ On dispose d'un échantillon d'un des isomères ci-dessous :



Par spectroscopie IR, on a trouvé une bande intense à 1740 cm^{-1} , caractéristique de la vibration de la double liaison C=O. Le spectre RMN est donné ci-dessous.



Type de proton	δ ppm
H-C-C-	0,5-1,5 ppm
H-C-CO-O-	2-2,3 ppm
H-C-O-CO-	3,7-4,8 ppm
H-CO-O-	8,0-9,0 ppm

En utilisant l'extrait des tables de δ ci-dessus, détailler le raisonnement suivi pour déterminer quel est l'isomère contenu dans l'échantillon.

Exercice 3 L'effet Doppler en astrophysique (5 points)

Compétences : Restituer des connaissances, Analyser, S'approprier l'information, Reasonner sur des notions connues

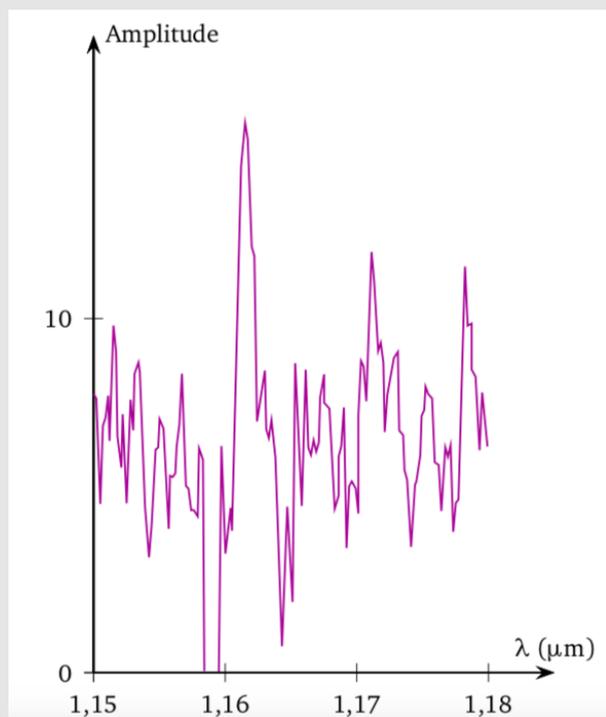
- 1/ En exploitant les documents, montrer que le décalage spectral de UDFy-38135539 correspond bien à la valeur indiquée.
- 2/ Que montre le décalage vers l'infrarouge d'une raie qui se situe dans l'ultraviolet ?
- 3/ Calculer la vitesse radiale de cette galaxie par rapport à la Terre.
- 4/ Justifier que d'après la loi de Hubble, plus les galaxies sont éloignées, plus elles sont rapides.
- 5/ Déduire 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.

Document n° 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.

Document n° 2 : 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 n° 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) :

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

Document n° 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 = $9,5 \cdot 10^{12}$ km.

Fin