

NOTE SUR 20

N° d'anonymat

**LICENCE PROFESSIONNELLE INDUSTRIES  
CHIMIQUES ET PHARMACEUTIQUES  
Option DM**

Année universitaire 2014/2015

1<sup>ère</sup> session

**Epreuve de Spectrophotométrie IR  
UE 16**

Correcteur de l'épreuve : Lionel GODIN

Durée de l'épreuve : 1 h  
Documents non autorisés, tablette comprise  
Calculatrice autorisée

**1 - Instructions générales**

- Ne pas dégrafer le fascicule
- Ecrire lisiblement
- Ne rien inscrire dans les marges
- Respecter les modalités de réponses proposées
- Toute fraude ou tentative de fraude fera l'objet de poursuites disciplinaires (décret n° 92-657 du 13 juillet 1992)

**2 - Instructions particulières à l'épreuve**

- Vérifier que le cahier est complet : il comporte 9 feuilles numérotées de 1 à 9, celle-ci comprise.

## 1ère PARTIE : THÉORIE (7 points)

### 1<sup>ère</sup> question

(2 points)

Dans le modèle de l'oscillateur harmonique classique, appliqué à une molécule diatomique constituée des atomes A et B, de masses respectives  $m_A$  et  $m_B$ , rappeler l'expression de la fréquence  $\nu$ , en fonction de  $k$  et  $\mu$ , puis l'expression du nombre d'onde  $\bar{\nu}$  en fonction de  $c$ ,  $k$  et  $\mu$ .

Vous préciserez clairement les noms de grandeurs  $c$ ,  $k$  et  $\mu$ . Donner l'expression de  $\mu$  en fonction des masses  $m_A$  et  $m_B$ .

Réponse du candidat :

### 2<sup>ème</sup> question

(1,5 points)

Calculer la fréquence  $\nu$  du maximum d'absorption de la molécule diatomique HCl. En déduire la longueur d'onde  $\lambda$  ainsi que le nombre d'onde  $\bar{\nu}$ . Préciser le domaine du spectre électromagnétique concerné.

Données :

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1} ; k = 476 \text{ N.m}^{-1} ;$$

$$m_H = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg et } m_{Cl} = 5,90 \cdot 10^{-26} \text{ kg.}$$

Réponse du candidat :

Réponse du candidat :

3<sup>ème</sup> question

(2 points)

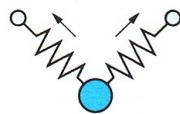
Quelles sont les 2 conditions pour lesquelles il y aura absorption du rayonnement IR par la molécule HCl ?

Réponse du candidat :

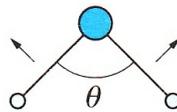
4<sup>ème</sup> question

(1,5 points)

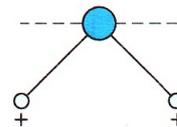
Dans le cas d'une molécule polyatomique, il existe plusieurs modes de vibration. Dans le cas du groupement CH<sub>2</sub> d'une molécule polyatomique, compléter le document ci-dessous en indiquant le nom des 6 modes de vibration.



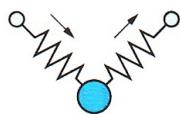
$$(\bar{\nu} = 2\,853\text{ cm}^{-1})$$



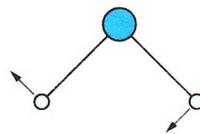
$$(\bar{\nu} = 1\,467\text{ cm}^{-1})$$



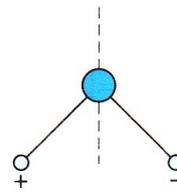
$$(\bar{\nu} \approx 1\,300\text{ cm}^{-1})$$



$$(\bar{\nu} = 2\,926\text{ cm}^{-1})$$



$$(\bar{\nu} = 720\text{ cm}^{-1})$$



$$(\bar{\nu} = 1\,250\text{ cm}^{-1})$$

**2ème PARTIE : INSTRUMENTATION (6,5 points)**

**5ème question**

**(2 points)**

Il existe essentiellement deux manières d'acquérir un spectre IR, soit en utilisant une méthode séquentielle, soit en utilisant une méthode multiplex.

Indiquer le principe de ces deux méthodes d'enregistrement d'un spectre IR.

Réponse du candidat :

**6ème question**

**(1,5 points)**

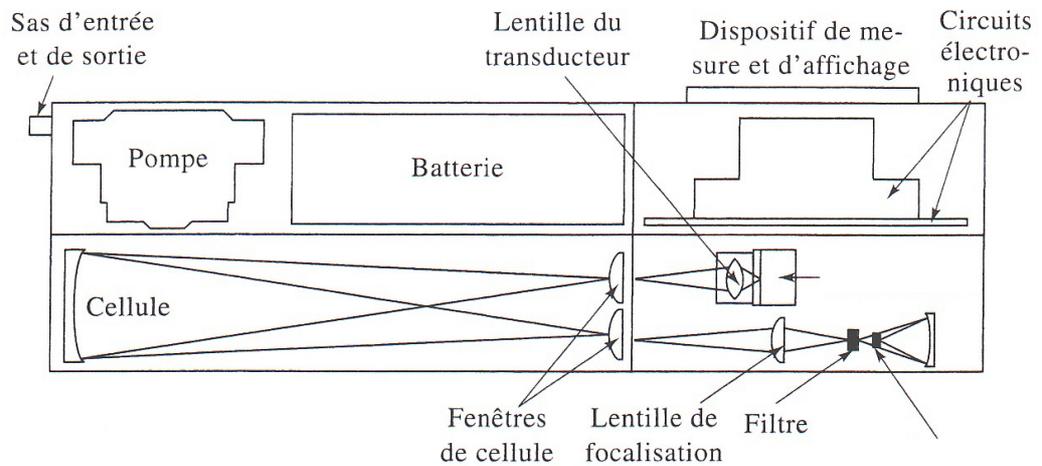
Comparer les deux méthodes (en termes de temps, de rapport S/N et de coût)

Réponse du candidat :

7<sup>ème</sup> question

(3 points)

Pour l'analyse des gaz (par exemple dans l'atmosphère), on utilise un photomètre à filtre.



Photomètre infrarouge portable conçu pour l'analyse des gaz.

Préciser directement sur le schéma, l'emplacement de la source IR, du détecteur et du compartiment échantillon.

Quel type d'analyse peut-on faire avec le photomètre ? À quoi servent les filtres interchangeables ?

La longueur du trajet optique dans ce type d'appareil est totalement différente de celle que l'on rencontre avec les spectrophotomètres, en effet, celle-ci peut varier de 0,5 m jusqu'à 20 m. Pourquoi une telle différence et quel est l'intérêt de pouvoir faire varier cette longueur d'un facteur 40 ?

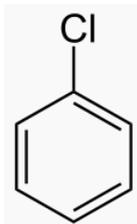
Réponse du candidat :

### 3ème PARTIE : ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSE SPECTRALE (6,5 points)

#### 8ème question

(2,5 points)

On cherche à préparer du chlorobenzène de formule :



Le chlorobenzène et l'aniline sont des liquides transparents peu ou pas solubles dans l'eau mais très solubles dans l'éthanol. Indiquer en pratique comment vous feriez l'analyse infrarouge de ces deux composés.

Réponse du candidat :

La synthèse s'effectue en plusieurs étapes :

1. *diazotation de l'aniline.*
2. *utilisation de la réaction de Sandmeyer (réaction de substitution nucléophile aromatique qui s'effectue par la dégradation d'un sel de diazonium).*
3. *extraction du chlorobenzène brut par hydrodistillation.*

**9<sup>ème</sup> question**

**(4 points)**

Repérer sur les deux spectres IR fournis en page 8 sur 9, les bandes dont la disparition ou l'apparition permettent de montrer que la réaction a eu lieu. Une table IR en page 9 sur 9 est à votre disposition.

Réponse du candidat :

## SPECTRES IR

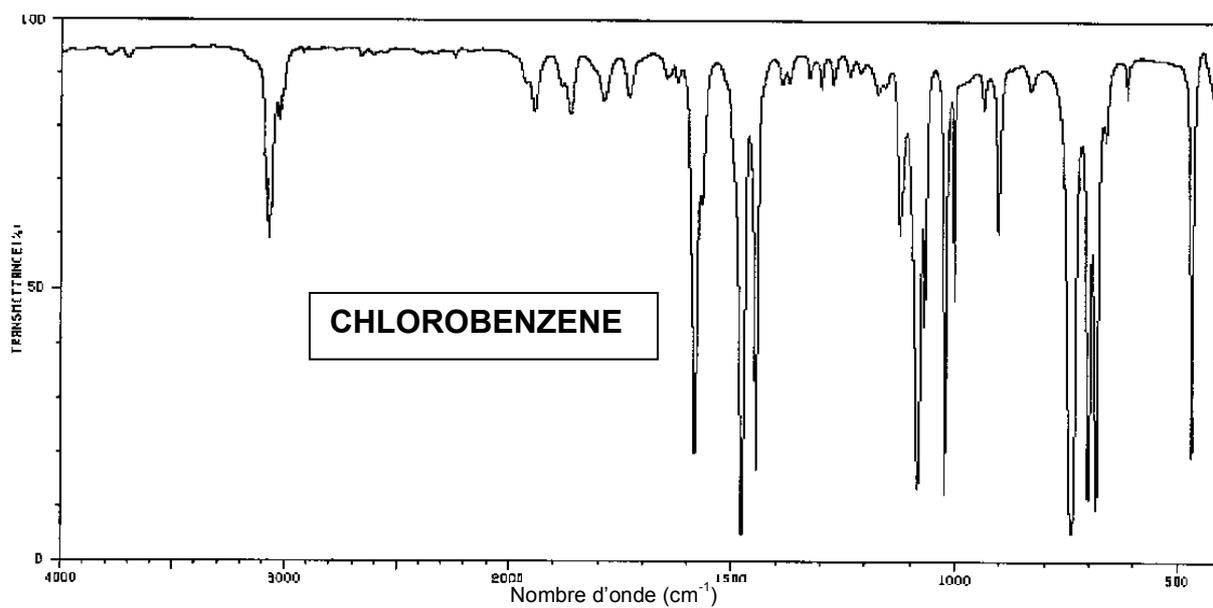
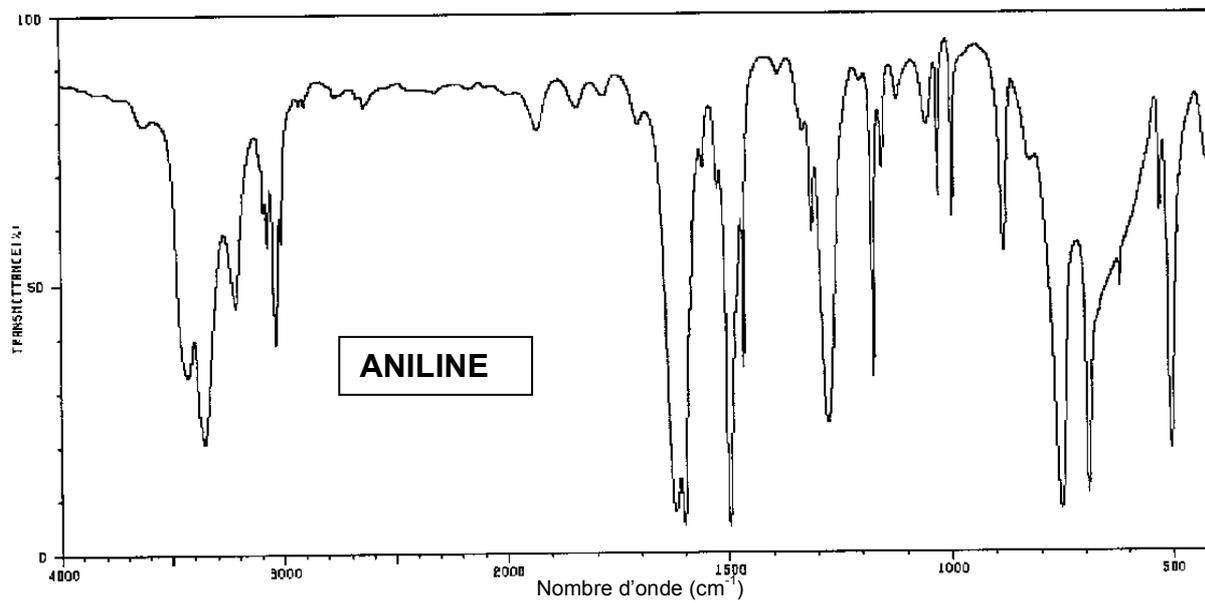


TABLE IR

liaison	nature	nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )	intensité
O-H alcool libre	valence	3 580 – 3 670	F ; fine
O-H alcool lié	valence	3 200 – 3 400	F ; large
N-H amine	valence	3 100 – 3 500	m
imine			
N-H amide	valence	3 100 – 3 500	F
C <sub>di</sub> -H	valence	3 300 – 3 310	m ou f
C <sub>tri</sub> -H	valence	3 000 – 3 100	m
C <sub>tri</sub> -H aromatique	valence	3 030 – 3 080	m
C <sub>tét</sub> -H	valence	2 800 – 3 000	F
C <sub>tri</sub> -H aldéhyde	valence	2 750 – 2 900	m
O-H acide carboxylique	valence	2 500 – 3 200	F à m ; large
C≡C	valence	2 100 – 2 250	f
C≡N	valence	2 120 – 2 260	F ou m
C=O anhydride	valence	1 700 – 1 840	F ; 2 bandes
C=O chlorure d'acyle	valence	1 770 – 1 820	F
C=O ester	valence	1 700 – 1 740	F
C=O aldéhyde et cétone	valence	1 650 – 1 730	F
		abaissement de 20 à 30 cm <sup>-1</sup>	
		si conjugaison	
C=O acide	valence	1 680 – 1 710	F
C=C	valence	1 625 – 1 685	m
C=C aromatique	valence	1 450 – 1 600	variable ; 3 ou 4 bandes
N=O	valence	1 510 – 1 580	F ; 2 bandes
		1 325 – 1 365	
C=N	valence	1 600 – 1 680	F
N-H amine ou amide	déformation	1 560 – 1 640	F ou m
C <sub>tét</sub> -H	déformation	1 415 – 1 470	F
C <sub>tét</sub> -H (CH <sub>3</sub> )	déformation	1 365 – 1 385	F ; 2 bandes
C-O	valence	1 050 – 1 450	F
C-C	valence	1 000 – 1 250	F
C-F	valence	1 000 – 1 040	F
C <sub>tri</sub> -H aromatique monosubstitué	déformation	730 – 770	F ; 2 bandes
		690 – 770	
C <sub>tri</sub> -H aromatique o-disubstitué	déformation	735 – 770	F
m-disubstitué	déformation	750 – 810	F et m ; 2 bandes
		680 – 725	
p-disubstitué	déformation	800 – 860	F
C <sub>tri</sub> -H aromatique trisubstitué	déformation	770 – 800	F et m ; 2 bandes
1,2,3		685 – 720	
1,2,4	déformation	860 – 900	F et m ; 2 bandes
		800 – 860	
1,3,5	déformation	810 – 865	F ; 2 bandes
		675 – 730	
C-Cl	valence	700 – 800	F
C-Br	valence	600 – 750	F
C-I	valence	500 – 600	F

F : fort ; m : moyen ; f : faible

Table des nombres d'onde des vibrations de valence et de déformation de quelques groupes fonctionnels.  
 \* distingue les atomes de carbone tétraonaux (notés C<sub>tét</sub>), trigonaux (notés C<sub>tri</sub>) et digonaux (notés C<sub>di</sub>).