Calculatrice autorisée

Exercice 1 : L'acide des fourmis

6,5 points

Certaines fourmis projettent, pour se défendre, un liquide riche en acide méthanoïque (nom courant : acide formique), de formule HCOOH. On étudie quelques propriétés acido-basiques de cette espèce en solution aqueuse.

Donnée : concentration standard $c^\circ = 1\,\text{mol·L}^{-1}$.

1) L'acide méthanoïque appartient à la famille des acides carboxyliques. Représenter son schéma de Lewis et entourer l'atome d'hydrogène qui lui donne son caractère acide.

2) Donner la définition d'un acide selon Brønsted.

3) Écrire la formule de la base conjuguée de l'acide méthanoïque, puis représenter son schéma de Lewis.

4) Écrire la demi-équation acide-base du couple ainsi formé.

5) La réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau n'est pas totale. Écrire l'équation de cette réaction.

6) Préciser entre quelles espèces chimiques un ion hydrogène H^+ est échangé au cours de cette réaction, en indiquant laquelle le cède et laquelle le capte.

7) Le pH d'une solution d'acide méthanoïque vaut $2{,}7$. Déterminer la concentration en ions oxonium H_3O^+ de cette solution.

Exercice 2 : Une solution d'acide chlorhydrique

5,5 points

Pour obtenir une solution S d'acide chlorhydrique, on fait barboter un volume $V_{\text{gaz}} = 3{,}0\,\text{L}$ de chlorure d'hydrogène gazeux HCl(g) dans un volume $V_{\text{eau}} = 0{,}500\,\text{L}$ d'eau ; tout le gaz se dissout. On admet que le volume de la solution obtenue est égal au volume d'eau utilisé.

Données

- Volume molaire d'un gaz dans les conditions de l'expérience : $V_\text{m} = 24{,}0\,\text{L·mol}^{-1}$.
- Concentration standard : $c^\circ = 1\,\text{mol·L}^{-1}$.
- Conductivités molaires ioniques à $25\,^\circ\text{C}$:

Ion	Na^+	H_3O^+	Cl^-	HO^-
λ ($\text{mS·m}^2\text{·mol}^{-1}$)	5,01	34,98	7,63	19,86

1) L'eau est une espèce amphotère. Justifier cette affirmation.

2) La réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau est totale. Écrire son équation.

3) Déterminer la concentration en ions oxonium de la solution S.

4) On dilue la solution S cinquante fois. Calculer le pH de la solution diluée.

5) Exprimer la conductivité σ de la solution S en fonction des concentrations des ions qu'elle contient et de leurs conductivités molaires ioniques.

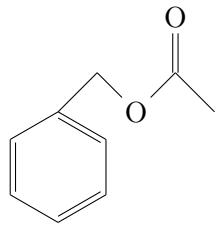
6) Calculer la valeur de σ. Cette valeur est-elle fiable ? Justifier.

Exercice 3 : Un parfum de jasmin

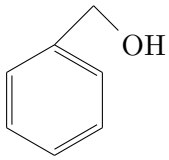
4 points

Le parfum du jasmin doit beaucoup à un ester, l'éthanoate de benzyle. Les parfumeurs le préparent aussi au laboratoire en faisant réagir l'acide éthanoïque, un acide carboxylique à deux atomes de carbone, avec l'alcool benzylique :

acide éthanoïque + alcool benzylique $\rightleftharpoons$ éthanoate de benzyle + eau



éthanoate de benzyle

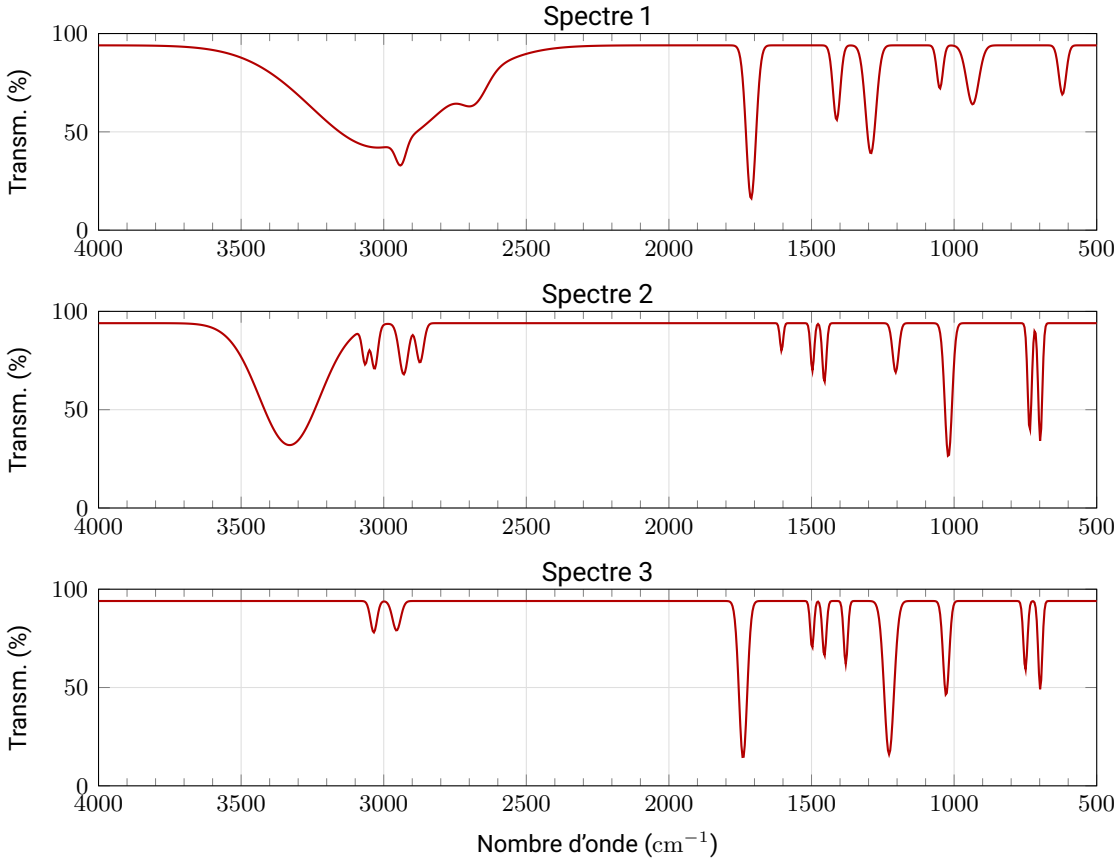


alcool benzylique

On a enregistré le spectre infrarouge de chacune des trois espèces organiques de cette synthèse (spectres 1 à 3 ci-dessous, sans ordre particulier ; table de données à la suite).

1) Écrire la formule semi-développée de l'acide éthanoïque.

2) Associer chaque spectre à l'une des trois espèces organiques. Justifier en repérant sur les spectres les bandes utilisées *(à compléter sur le sujet)*.



Bandes d'absorption infrarouge caractéristiques

Liaison et famille	Nombre d'onde ($\mathrm{cm^{-1}}$)	Allure de la bande
O–H (alcool, avec liaisons hydrogène)	3200 – 3500	forte, large
O–H (acide carboxylique)	2500 – 3200	forte, très large
N–H (amine, amide)	3100 – 3500	moyenne
C–H (carbone n'engageant que des liaisons simples)	2800 – 3000	moyenne à forte
C–H (carbone de double liaison ou de cycle benzénique)	3000 – 3100	moyenne
C=O (ester)	1735 – 1750	forte, fine
C=O (acide carboxylique, aldéhyde, cétone)	1700 – 1730	forte, fine
C=C (alcène, cycle benzénique)	1450 – 1690	moyenne à faible

Exercice 4 : De la vapeur dans une cuve

4 points

Une cuve fermée et rigide, de volume intérieur $V = 2{,}0\,\mathrm{m^3}$, ne contient que de la vapeur d'eau à la température $\theta = 150\,^\circ\mathrm{C}$. On la refroidit : la quasi-totalité de la vapeur se condense, et l'on récupère au fond de la cuve un volume $V_\ell = 0{,}90\,\mathrm{L}$ d'eau liquide.

En assimilant la vapeur d'eau à un gaz parfait, déterminer la pression qui régnait dans la cuve avant le refroidissement. *Toute démarche, même incomplète, sera prise en compte.*

Données

- Masses molaires atomiques : $M(\mathrm{H}) = 1{,}0\,\mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}$; $M(\mathrm{O}) = 16{,}0\,\mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}$.
- Masse volumique de l'eau liquide : $\rho = 1{,}00 \times 10^3\,\mathrm{kg{\cdot}m^{-3}}$.
- Constante des gaz parfaits : $R = 8{,}31\,\mathrm{J{\cdot}K^{-1}{\cdot}mol^{-1}}$; $T(\mathrm{K}) = \theta(^\circ\mathrm{C}) + 273$.