

Spectroscopie IR et RMN

Exercices de sciences physiques - niveau Terminale

Vingt exercices progressifs de spectroscopie IR et RMN : conversions de longueurs d'onde en nombres d'onde, lecture de spectres infrarouges, déplacements chimiques, intégration, multiplicité et identification de molécules. Ensuite, recherche d'abord seul(e), puis consulte le corrigé séparé.

Enfin, cette fiche d'exercices est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Les exercices de spectroscopie IR et RMN

Exercice 1 : Questions de cours

1. Que représente l'axe horizontal d'un spectre IR ? Quelle est son unité usuelle ?
2. Qu'appelle-t-on bande d'absorption ? Comment la reconnaît-on sur un spectre de transmittance ?
3. Quelle est la référence d'un spectre RMN du proton et quelle valeur de δ lui attribue-t-on ?
4. Que mesure la courbe d'intégration ?
5. Énonce la règle des $(n + 1)$.

Exercice 2 : Vrai ou faux ?

Dis si chaque affirmation est vraie ou fausse et justifie.

- a. Sur un spectre IR, les nombres d'onde sont rangés dans l'ordre croissant de gauche à droite.
- b. Par ailleurs, une bande forte et large vers $3\,300\text{ cm}^{-1}$ évoque un groupe hydroxyle lié.
- c. Puis les trois protons d'un groupe CH_3 donnent trois signaux distincts.
- d. Ensuite, un signal à $\delta = 9,8\text{ ppm}$ peut correspondre à un proton d'aldéhyde.
- e. Puis la propanone donne un triplet en RMN du proton.
- f. Plus la transmittance est faible à un nombre d'onde donné, plus l'absorption est forte.
- g. De plus, la valeur de δ dépend de la fréquence de travail du spectromètre.

Exercice 3 : Longueur d'onde et nombre d'onde

1. Ensuite, calcule le nombre d'onde d'une radiation de longueur d'onde $3,0 \mu\text{m}$.
2. Par ailleurs, calcule la longueur d'onde, en μm , d'une radiation de nombre d'onde 1710 cm^{-1} .
3. Même question pour 2900 cm^{-1} .
4. Puis détermine les longueurs d'onde qui limitent le domaine 4000 cm^{-1} à 400 cm^{-1} .

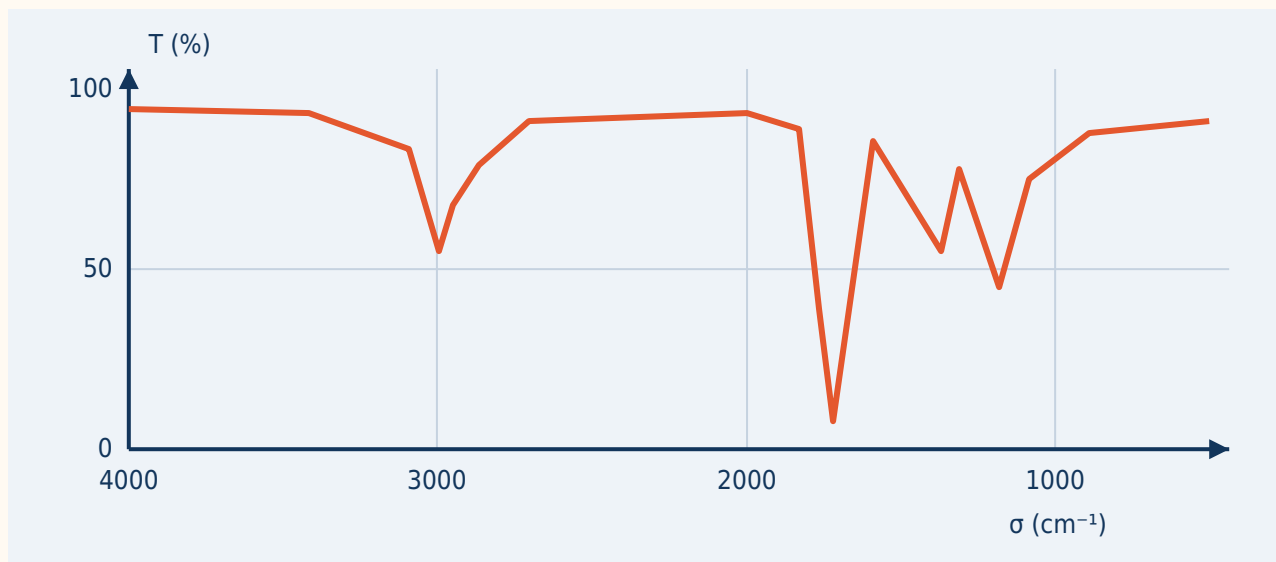
Exercice 4 : Calculs de déplacements chimiques

Ensuite, le spectromètre travaille à $\nu_0 = 400 \text{ MHz}$.

1. Ensuite, un signal est décalé de 1200 Hz par rapport au TMS. Puis calcule δ .
2. De plus, un signal est observé à $\delta = 2,10 \text{ ppm}$. Ensuite, calcule son écart en fréquence avec le TMS.
3. Quel écart obtiendrait-on pour ce même signal sur un spectromètre de 60 MHz ?
4. Pourquoi exprime-t-on δ en ppm plutôt qu'en Hz ?

Exercice 5 : Un spectre IR à interpréter

Puis, le spectre infrarouge d'un liquide de formule brute $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ est donné ci-dessous.

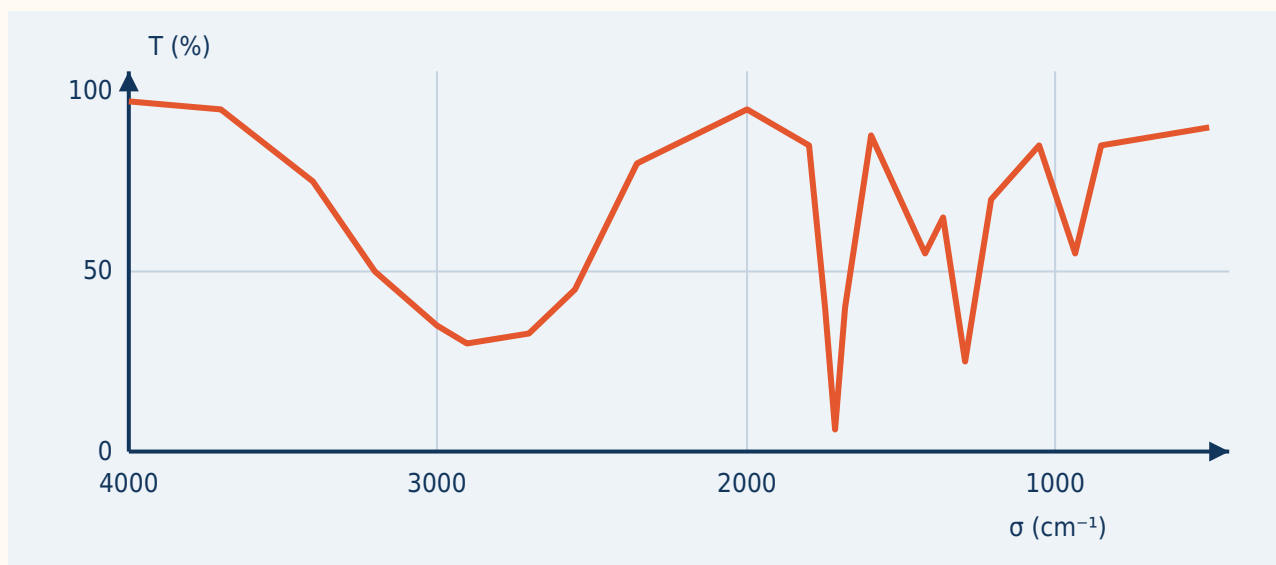


Spectre IR du composé $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$.

1. Relève, à 50 cm^{-1} près, le nombre d'onde des deux bandes principales.
2. À quelles liaisons les associes-tu ? Quelle est l'allure de la bande la plus intense ?
3. Y a-t-il une bande O-H ? Par ailleurs, justifie à partir du spectre.
4. Puis le composé peut être la butan-2-one ou le but-3-én-1-ol. Lequel retiens-tu ? Argumente.

Exercice 6 : Spectre IR d'un composé de formule $C_2H_4O_2$

Ainsi, on étudie le spectre IR ci-dessous. Ensuite, les deux molécules envisagées sont l'acide éthanoïque CH_3-COOH et le méthanoate de méthyle $H-CO-O-CH_3$.



Spectre IR du composé $C_2H_4O_2$.

1. Relève les nombres d'onde et l'allure des bandes les plus marquées.
2. Quel groupe caractéristique la bande très large trahit-elle ?
3. Quel groupe caractéristique la bande vers 1710 cm^{-1} trahit-elle ?
4. Conclus : quelle est la molécule ? Pourquoi l'autre est-elle exclue ?

Exercice 7 : Compter les signaux RMN

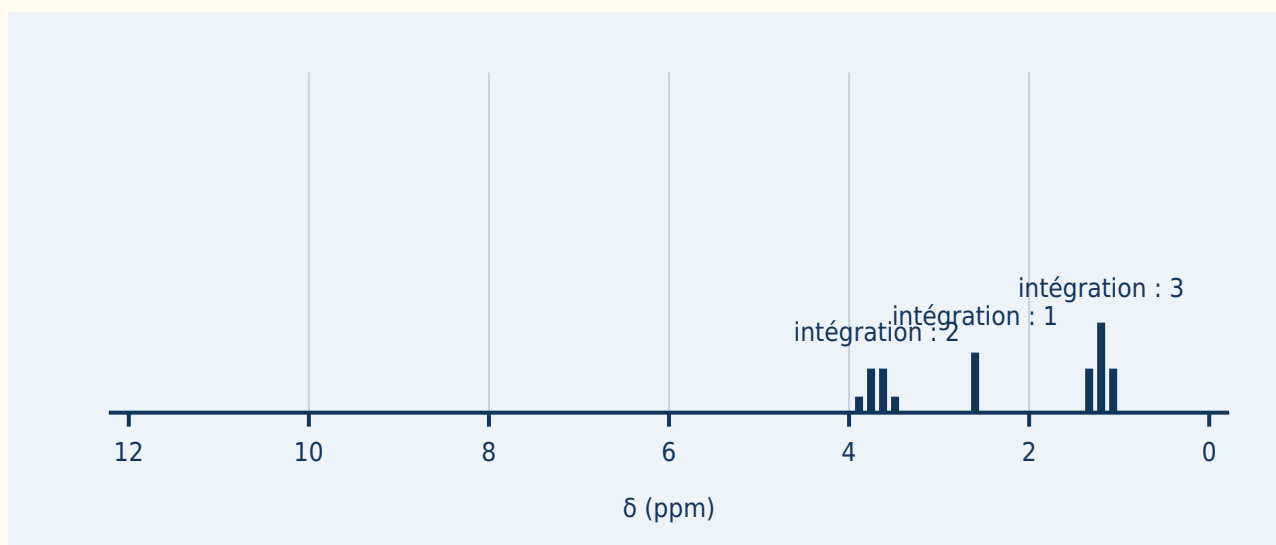
Par ailleurs, pour chaque molécule, indique le nombre de signaux attendus en RMN du proton en justifiant par les protons équivalents : éthanol CH_3CH_2OH ; propanone CH_3COCH_3 ; éthanal CH_3CHO ; méthoxyméthane CH_3OCH_3 ; éthanoate de méthyle CH_3COOCH_3 ; propane $CH_3CH_2CH_3$.

Exercice 8 : Prévoir les multiplicités

De plus, pour chaque composé, indique, pour chaque groupe de protons, le nombre de protons voisins, la multiplicité et le rapport des intensités des pics : bromoéthane CH_3CH_2Br ; 1,1-dichloroéthane CH_3CHCl_2 ; 2-bromopropane $(CH_3)_2CHBr$; 1,2-dichloroéthane $ClCH_2CH_2Cl$.

Exercice 9 : Un spectre RMN, deux isomères

Donc, un composé de formule brute C_2H_6O pourrait être l'éthanol CH_3CH_2OH ou le méthoxyméthane CH_3OCH_3 . Son spectre RMN est donné ; l'intégration relative est indiquée sous chaque signal.



Spectre RMN du composé C_2H_6O ; les intégrations sont relatives.

1. Combien de signaux le spectre comporte-t-il ? Que peut-on en déduire pour le méthoxyméthane ?
2. Précise la multiplicité de chaque signal.
3. Attribue chaque signal à un groupe de protons de l'éthanol.
4. Pourquoi le signal d'intégration 1 est-il un singulet ?

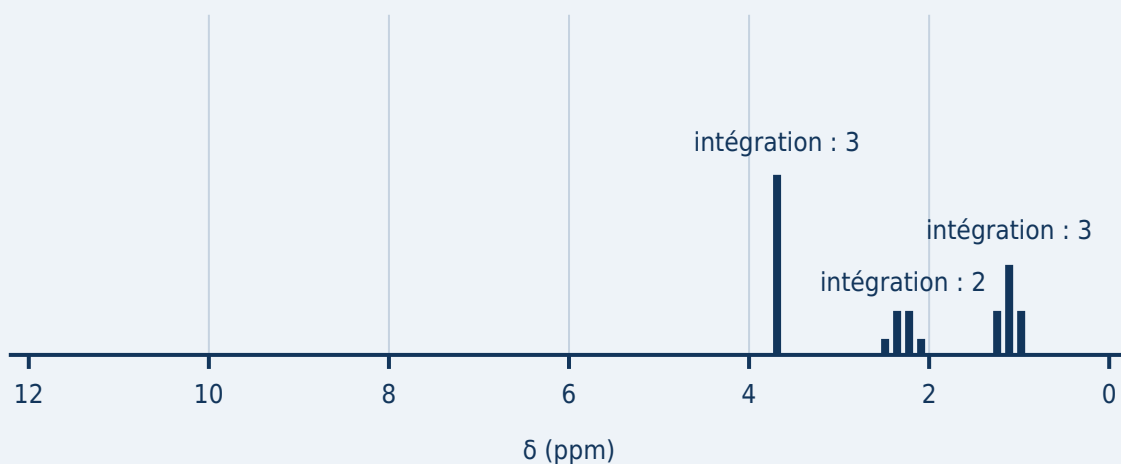
Exercice 10 : Lire une courbe d'intégration

Enfin, le spectre RMN de l'éthylbenzène C_8H_{10} présente, de la gauche vers la droite : un massif à 7,2 ppm, un quadruplet à 2,6 ppm et un triplet à 1,2 ppm. Puis les hauteurs des marches d'intégration valent respectivement 15 mm, 6 mm et 9 mm.

1. De plus, calcule la hauteur de marche correspondant à un proton.
2. Ensuite, déduis le nombre de protons de chaque signal.
3. Associe chaque signal à un groupe de protons de la molécule $C_6H_5-CH_2-CH_3$.
4. Par ailleurs, justifie la multiplicité du quadruplet et celle du triplet.

Exercice 11 : Deux esters isomères

L'éthanoate d'éthyle $CH_3COOCH_2CH_3$ et le propanoate de méthyle $CH_3CH_2COOCH_3$ ont la même formule brute $C_4H_8O_2$. Voici le spectre RMN de l'un des deux.

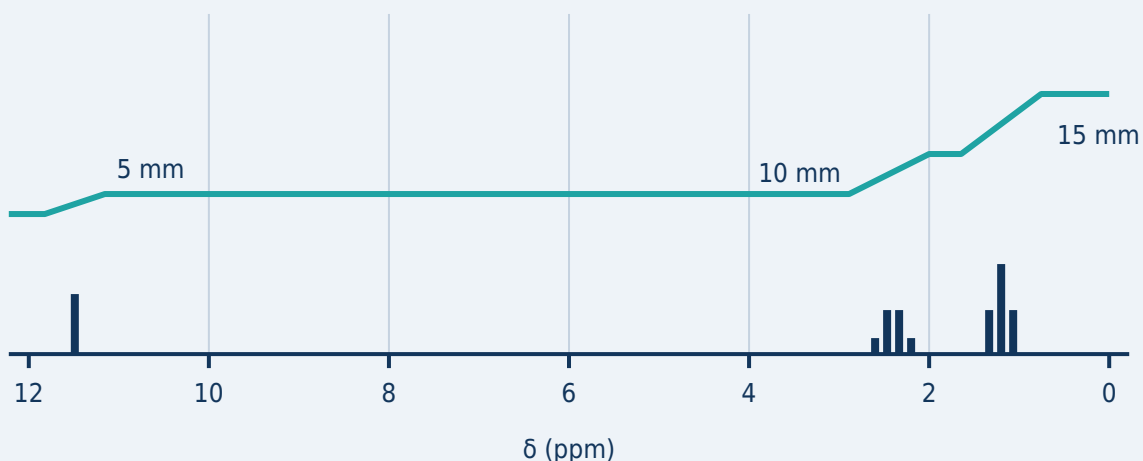


Spectre RMN d'un ester $C_4H_8O_2$; les intégrations sont relatives.

1. Puis pour chaque ester, prévois le nombre de signaux, leur multiplicité et leur intégration.
2. Quel est l'ester étudié ? Ensuite, justifie par la multiplicité et par les valeurs de δ .
3. À quel groupe de protons correspond le singulet à 3,7 ppm ?

Exercice 12 : Spectre RMN avec courbe d'intégration

Ensuite, un composé de formule brute $C_3H_6O_2$ a un spectre IR présentant une bande très large de 2 500 à 3 300 cm^{-1} et une bande forte à 1 710 cm^{-1} . Son spectre RMN est représenté avec la courbe d'intégration.



Spectre RMN et courbe d'intégration (en vert) du composé $C_3H_6O_2$.

1. Puis détermine le nombre de protons correspondant à chaque signal.
2. Quel groupe caractéristique l'IR met-il en évidence ?
3. Précise la multiplicité de chaque signal et attribue-le.
4. De plus, écris la formule semi-développée du composé et nomme-le.

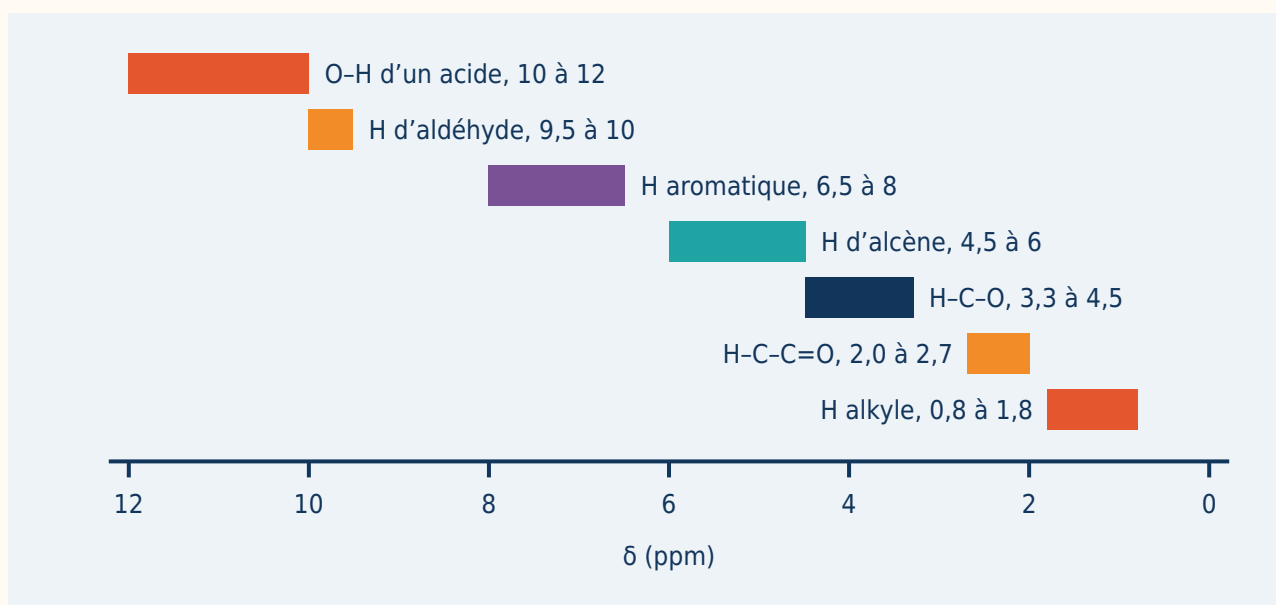
Exercice 13 : Trois isomères de formule C_3H_6O

Puis, les trois molécules sont : la propanone CH_3COCH_3 , le propanal CH_3CH_2CHO et le prop-2-én-1-ol $CH_2=CH-CH_2OH$.

1. Ensuite, pour chacune, indique les bandes caractéristiques attendues en IR.
2. Par ailleurs, indique le nombre de signaux de la propanone et celui du propanal en RMN du proton ; précise leurs multiplicités.
3. Puis une seule mesure suffit-elle à distinguer la propanone des deux autres molécules ? Laquelle ?

Exercice 14 : Associer des déplacements chimiques

Utilise l'échelle ci-dessous pour associer chaque signal à un type de proton : $\delta = 0,9$; $2,1$; $3,6$; $5,3$; $7,2$; $9,7$; $11,0$ ppm.



Zones usuelles de déplacement chimique en RMN du proton.

Précise, quand c'est possible, si deux types de protons conviennent.

Exercice 15 : Transmittance et absorbance

Ainsi, on rappelle $A = -\log T$, avec T sans unité ($T = 0,25$ pour 25 %).

1. Ensuite, calcule A pour $T = 25\%$ puis pour $T = 50\%$.
2. Puis calcule la transmittance (en %) correspondant à $A = 1,00$, puis à $A = 2,00$.
3. De plus, une bande IR atteint une transmittance minimale de 5 %. Ensuite, calcule l'absorbance correspondante.
4. Pourquoi les bandes d'un spectre de transmittance pointent-elles vers le bas ?

Exercice 16 : Suivre l'oxydation de l'éthanol

L'éthanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ peut être oxydé en acide éthanoïque CH_3COOH . Par ailleurs, le spectre IR de l'éthanol présente une bande large et forte vers $3\,340\text{ cm}^{-1}$; celui du produit présente une bande très large de $2\,500$ à $3\,200\text{ cm}^{-1}$ et une bande fine à $1\,710\text{ cm}^{-1}$.

1. Quelle différence essentielle observe-t-on entre les deux spectres IR ?
2. Prévois le nombre de signaux, la multiplicité et l'intégration en RMN pour l'éthanol et pour l'acide éthanoïque.
3. Quels signaux doivent avoir disparu si l'éthanol a été totalement consommé ?

Exercice 17 : Corriger les erreurs

Par ailleurs, chaque phrase contient une erreur. Corrige-la.

- a. Puis un quadruplet correspond à un groupe de protons ayant 4 voisins.
- b. Ensuite, un spectre IR est tracé en fonction de la longueur d'onde en nanomètres.
- c. Puis le TMS a un déplacement chimique de 1 ppm.
- d. De plus, une bande à $1\,715\text{ cm}^{-1}$ caractérise la liaison O-H.
- e. Ensuite, l'aire d'un signal RMN est proportionnelle au nombre de pics du multiplet.

Exercice 18 : Identifier un composé $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$

De plus, un composé de formule brute $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ possède un spectre IR avec une seule bande forte et fine à $1\,715\text{ cm}^{-1}$ et aucune bande au-dessus de $3\,100\text{ cm}^{-1}$. Son spectre RMN comporte : un triplet à 1,0 ppm (3 H), un singulet à 2,1 ppm (3 H) et un quadruplet à 2,4 ppm (2 H).

1. Quel groupe caractéristique l'IR révèle-t-il ? Peut-il s'agir d'un alcool ?
2. Associe chaque signal RMN à un groupe de protons et justifie les multiplicités.
3. Par ailleurs, écris la formule semi-développée du composé et donne son nom.

Exercice 19 : Contrôler la pureté d'un ester

Donc, on synthétise l'éthanoate d'éthyle à partir d'éthanol et d'acide éthanoïque. Puis le spectre IR du produit brut présente une bande large vers $3\,300\text{ cm}^{-1}$, une bande très large de $2\,500$ à $3\,200\text{ cm}^{-1}$ et une bande à $1\,740\text{ cm}^{-1}$ accompagnée d'un épaulement vers $1\,710\text{ cm}^{-1}$. Après purification, le spectre ne montre plus que la bande à $1\,740\text{ cm}^{-1}$ et des bandes C-H et C-O.

1. Que révèlent les bandes larges du produit brut ?
2. Que prouve le spectre du produit purifié ?
3. Décris le spectre RMN attendu pour l'ester pur (nombre de signaux, multiplicités, intégration).
4. Quel signal du spectre RMN de l'éthanol résiduel permettrait de détecter une impureté ?

Exercice 20 : Trois flacons sans étiquette

Enfin, trois flacons ont perdu leur étiquette : ils contiennent du propan-1-ol, de la propanone et de l'acide propanoïque. Ensuite, tu disposes d'un spectromètre IR et d'un spectromètre RMN du proton.

Propose une démarche expérimentale et argumentée pour identifier chaque flacon : précise ce que tu observes au spectre IR, puis ce que la RMN apporte en plus (nombre de signaux, multiplicités), et indique dans quel ordre tu travaillerais.

Tout le chapitre « Spectroscopie infrarouge et RMN » en terminale

- Le cours : Spectroscopie infrarouge et RMN
- Le corrigé des exercices : Spectroscopie infrarouge et RMN
- Le TP : Spectroscopie infrarouge et RMN
- Le corrigé du TP : Spectroscopie infrarouge et RMN
- Le QCM : Spectroscopie infrarouge et RMN

Chapitre précédent : Stratégie de synthèse organique (exercices)

Chapitre suivant : Mouvement dans un champ uniforme (exercices)

Retrouve aussi tous les exercices de sciences physiques en terminale et le programme complet de sciences physiques en terminale.